



Departamento  
de Engenharia Eletrotécnica

---

# **Análise e Proposta de Revisão da Manutenção da Tecnologia SDH na Automação e Telecontrolo da Rede Elétrica – Estágio na EDP Distribuição**

Relatório de Estágio apresentado para a obtenção do grau de Mestre em  
Automação e Comunicações em Sistemas de Energia

**Autora**

**Tânia Cristina Oliveira Crespo**

**Orientadores**

**Professor Doutor Fernando José Pimentel Lopes  
Professor Doutor Carlos Manuel Machado Ferreira**

**Supervisor na EDP Distribuição**

**Engenheiro Rui António Rodrigues Francisco**

Instituto Superior de Engenharia de Coimbra

**Coimbra, novembro, 2013**





Departamento  
de Engenharia Eletrotécnica

---

# **Análise e Proposta de Revisão da Manutenção da Tecnologia SDH na Automação e Telecontrolo da Rede Elétrica – Estágio na EDP Distribuição**

Relatório de Estágio apresentado para a obtenção do grau de Mestre em  
Automação e Comunicações em Sistemas de Energia

**Autora**

**Tânia Cristina Oliveira Crespo**

**Orientadores**

**Professor Doutor Fernando José Pimentel Lopes  
Professor Doutor Carlos Manuel Machado Ferreira**

**Supervisor na EDP Distribuição**

**Engenheiro Rui António Rodrigues Francisco**

Instituto Superior de Engenharia de Coimbra

**Coimbra, novembro, 2013**





## AGRADECIMENTOS

Gostaria de dirigir os meus sinceros agradecimentos a todas as pessoas que de certa forma contribuíram para o desenvolvimento do relatório de estágio e por todos os tipos de conhecimentos transmitidos.

Agradeço ao ISEC, especialmente ao Professor José Manuel Fresco Tavares de Pina por ter garantido de certa forma a realização do estágio no grupo EDP.

Agradeço à EDP Distribuição pela oportunidade concedida em realizar o estágio no Departamento de Operação e Manutenção.

Agradeço de forma especial ao Engenheiro Rui Francisco por todo o apoio, disponibilidade, sugestões, boa disposição e conhecimentos transmitidos durante o estágio. Agradeço-lhe ainda do fundo do coração por ter desempenhado de forma excelente o seu papel de orientador e por ter tido muita paciência ao longo do estágio.

Agradeço aos Professores Doutores Fernando José Pimentel Lopes e Carlos Manuel Machado Ferreira que propuseram e orientaram de forma exemplar este estágio, por todo o apoio e estímulo.

Agradeço aos Engenheiros Luís Candeias, Pedro Vidal e Rafael Bettencourt e aos técnicos Mário Santos e Manuel Cardoso por toda a disponibilidade e conhecimentos transmitidos durante a realização do estágio.

Um agradecimento muito especial à minha família, namorado e amigos que sempre demonstraram apoio incondicional e paciência em todos os momentos durante o desenvolvimento da minha formação.



## RESUMO

A EDP Distribuição é a empresa responsável pela distribuição de energia elétrica entre a rede de transporte e os pontos de entrega (“Instalações dos Clientes”) em Portugal Continental. Como operadora de rede de distribuição de energia elétrica, deve garantir os níveis de continuidade e qualidade de serviço exigidos no Regulamento de Qualidade de Serviço. Com esse objetivo, a EDP Distribuição tem vindo a desenvolver os seus sistemas de automação e telecontrolo de rede, os quais utilizam, na sua generalidade, uma rede de telecomunicações privativa suportada em cabos de fibras óticas instalados nas infraestruturas aéreas e subterrâneas de alta e média tensão, para troca de informação em tempo real com os sistemas SCADA centralizados.

A rede de telecomunicações privativa baseia-se em equipamentos de tecnologias bem conhecidas e fiáveis (SDH, PDH, Rádio Microondas e Rádio VHF Analógico). No entanto, a sua grande maioria já ultrapassou o seu tempo de vida útil e encontra-se tecnologicamente obsoleto, o que faz com que, no futuro, se pondere a substituição destes equipamentos por equipamentos com maior versatilidade, nomeadamente equipamentos baseados em IP. Contudo, por limitação de recursos, ainda não foi possível levar a cabo esta medida. Isto implica que haja a necessidade de prolongar o tempo de vida dos equipamentos legados em utilização, mantendo a sua fiabilidade e disponibilidade.

Dentro do conjunto de equipamentos de telecomunicações utilizados na EDP Distribuição, os equipamentos SDH são os equipamentos mais críticos devido ao volume e criticidade do tráfego que transportam. Por esta razão, e por se já possuírem um tempo de vida útil significativo, deverão ser implementadas medidas urgentes com o intuito de prolongar o tempo de vida destes equipamentos e de reduzir o nível de risco que representam para a empresa.

Este Relatório de Estágio apresenta o estudo efetuado com o objetivo de conhecer a arquitetura e as tecnologias que servem de suporte à rede da EDP Distribuição. É apresentado o Sistema Elétrico Nacional, a EDP e a EDP Distribuição, os Sistemas de Telecomunicações usados pela EDP Distribuição, assim como as tecnologias em que se baseiam a Automação e o Telecontrolo da Rede Elétrica, com especial ênfase na Tecnologia SDH. Este estudo inclui uma descrição do papel dos Sistemas de Telecomunicações na condução e exploração da Rede Elétrica. Descreve-se ainda um conjunto de atividades de campo realizadas pelo departamento onde se realizou o Estágio e que permitiram um melhor e mais aplicado conhecimento da rede.

Perante um conhecimento detalhado dos sistemas de telecomunicações da rede e da identificação da criticidade associada aos equipamentos SDH, e com o objetivo de prolongar a sua vida útil sem comprometer o risco associado à sua falha, foi desenvolvida uma proposta de revisão do plano de manutenção dos equipamentos SDH, que foi enquadrada na Matriz de Risco padronizada da EDP Distribuição, que deverá servir de base à sua política de gestão de ativos. A metodologia desenvolvida para os equipamentos SDH pode ser estendida aos outros equipamentos de telecomunicações.

**Palavras Chave:** Rede de Distribuição de Energia Elétrica, Telecomunicações, Telecontrolo, SDH, Manutenção, Análise de Risco.



## ABSTRACT

EDP Distribuição is the company with the responsibility for the distribution of electricity between the transmission network and the delivery points ("Customer Facilities") in Continental Portugal. As an electricity distribution network operator, it must ensure the levels of continuity and quality of service required by the Quality of Service Regulations. For this purpose, EDP Distribution has developed its grid automation and telecontrol systems, supported by a private telecommunications network, mostly based on optical fiber cables installed in the high and medium voltage aerial and underground infrastructures, to exchange information in real time with the centralized SCADA systems.

The private telecommunications network is based on well-known and reliable technologies such as SDH, PDH, Microwave Radio and Analog VHF Radio. However, the vast majority of the installed equipments has exceeded its useful life and is technologically obsolete. This means that, in the future, their replacement must be considered, installing new ones with greater versatility, including IP-based equipment. However, due to resource limitations, it has not been possible to implement this measure. The consequence is that there is the need to extend the life of the legacy equipment in use, maintaining its reliability and availability.

Within the set of telecommunications equipment in use at EDP Distribuição, the SDH equipment is the most critical, due to the volume and criticality of the traffic they carry. For this reason, and because it already endured a significant service life, urgent measures to prolong its life and reduce the level of risk it poses to the company should be implemented.

This Internship Report presents the study carried out with the objective of knowing the architecture and technologies that support the EDP Distribuição network. The National Electric System, EDP, EDP Distribuição and the Telecommunication Systems used by EDP Distribuição are presented, together with the technologies that support the Automation and Telecontrol of the Electric Grid, with special emphasis on the SDH technology. This study includes the role of the Telecommunications Systems on the supervision and operation of the electrical network. A set of field activities performed by the department where the Internship took place is also described.

These activities provided a better and more applied knowledge of the network.

Having a detailed knowledge of the network telecommunications systems, together with the identification of the criticality associated with the SDH equipment, and with the aim to extend its useful life without compromising the risk associated with its failure, a proposal for the revision of the maintenance plan for the SDH equipment was developed, and integrated in the EDP Distribuição standardized Risk Matrix, which should serve as a basis for its policy for asset management. The methodology developed for the SDH equipment can be extended to other telecommunications equipment.

**Keywords:** Electrical Energy Distribution Network, Telecommunications, Telecontrol, SDH, Maintenance, Risk Analysis.



# ÍNDICE

## Capítulo 1 – Introdução

1.1.	Tema escolhido .....	2
1.2.	Considerações gerais .....	2
1.3.	Objetivos do estágio .....	3
1.4.	Estrutura do relatório de estágio .....	3

## Capítulo 2 – Sistema Elétrico Nacional

2.1.	Apresentação .....	5
2.1.1.	Produção .....	5
2.1.2.	Rede Nacional de Transporte .....	9
2.1.3.	Distribuição .....	10
2.1.4.	Comercialização .....	10
2.1.5.	Operação de mercados elétricos .....	11
2.2.	EDP .....	11
2.2.1.	EDP Distribuição .....	13
2.3.	Conclusão .....	15

## Capítulo 3 – Sistemas de Telecomunicações

3.1.	Fibras óticas .....	17
3.1.1.	Cabos de fibra ótica utilizados na EDP Distribuição .....	19
3.1.1.1.	Cabo OPGW .....	21
3.1.1.2.	Cabo ADSS .....	22
3.1.1.3.	Cabo dielétrico de conduta .....	25
3.1.2.	Ensaio sobre cabos de fibra ótica .....	26
3.2.	Correntes Portadoras .....	28
3.3.	Propagação Radioelétrica .....	29
3.3.1.	Ligações rádio microondas .....	31
3.3.2.	Rádio VHF .....	32

3.4.	Hierarquia Digital Plesiócrons - PDH.....	33
3.4.1.	Equipamento PDH.....	36
3.4.1.1.	Cartas de alimentação .....	37
3.4.1.2.	Cartas de processamento, multiplexagem de primeira ordem e conferência .....	38
3.4.1.3.	Cartas tributárias de dados .....	39
3.4.1.4.	Cartas tributárias de interface telefónico.....	40
3.4.1.5.	Cartas tributárias de interface de áudio.....	42
3.4.1.6.	Cartas tributárias RDIS .....	42
3.4.1.7.	Cartas de interface de linhas .....	43
3.4.1.8.	Cartas de multiplexagem de ordem superior.....	44
3.4.1.9.	Cartas de cruzamento de <i>time-slots</i> entre feixes E1 .....	45
3.4.2.	Gestão do equipamento PDH .....	45
3.4.2.1.	Equipamento PDH da EFACEC .....	45
3.4.3.	Interligação entre dois equipamentos PDH da Efacec .....	46
3.5.	Hierarquia Digital Síncrona – SDH .....	48
3.5.1.	Equipamento SDH.....	52
3.5.1.1.	Cartas de acesso de baixa velocidade .....	53
3.5.1.2.	Cartas de acesso de alta velocidade .....	54
3.5.1.3.	Cartas de serviços .....	55
3.5.1.4.	Carta de controlo .....	56
3.5.1.5.	Cartas tributárias.....	56
3.5.1.6.	Cartas de processamento.....	58
3.5.1.7.	Módulos.....	59
3.6.	TCP/IP.....	60
3.7.	Rede MPLS .....	61
3.8.	TETRA.....	62
3.8.1.	Princípio de funcionamento.....	62
3.8.2.	Modos de operação.....	63
3.8.2.1.	Modo TMO.....	63
3.8.2.2.	Modo DMO .....	64
3.8.3.	Serviços disponibilizados .....	66
3.8.4.	Tecnologia TETRA na EDP Distribuição .....	67
3.9.	Conclusão.....	69

## Capítulo 4 – Automação e Telecontrolo da Rede Elétrica

4.1.	Automação e Telecontrolo de Subestações .....	71
------	---	----



4.1.1.	Parque exterior de aparelhagem .....	73
4.1.1.1.	Transformador de Tensão .....	73
4.1.1.2.	Descarregador de Sobretensão .....	74
4.1.1.3.	Transformador de Intensidade .....	74
4.1.1.4.	Disjuntor .....	75
4.1.1.5.	Seccionador.....	75
4.1.1.6.	Isolador .....	76
4.1.1.7.	Transformador de Potência .....	76
4.1.1.8.	Baterias de condensadores .....	77
4.1.1.9.	Reactância de Neutro .....	77
4.1.1.10.	Linhas de AT .....	78
4.1.1.11.	Cabo de MT .....	78
4.1.2.	Edifício de Comando.....	78
4.1.2.1.	Quadro Metálico de MT.....	79
4.1.2.2.	Armários de Comando e Controlo .....	80
4.1.3.	Sistema de Proteção de Comando e Controlo.....	81
4.1.3.1.	Arquitetura de um SPCC .....	82
4.1.3.2.	Dispositivos de um SPCC.....	83
4.1.4.	Dispositivos Eletrónicos Inteligentes .....	85
4.1.5.	Unidade Central.....	85
4.1.6.	Posto de Comando Local.....	85
4.1.7.	Rede local de comunicações.....	86
4.1.8.	Rede de comunicações entre o SPCC e o CC.....	86
4.2.	Automação e Telecontrolo da Rede de Média Tensão .....	86
4.2.1.	Automatismo “Voltage – Time” .....	87
4.2.1.1.	Princípio de funcionamento .....	88
4.2.2.	Disjuntores Auto-Religadores .....	88
4.2.2.1.	Princípio de funcionamento .....	89
4.2.3.	Interruptores Auto-Religadores .....	89
4.2.3.1.	Constituição de um IAR.....	90
4.2.3.2.	Princípio de funcionamento de um IAR .....	90
4.2.4.	Órgão de Corte da Rede – Tipo 1 .....	91
4.2.4.1.	Princípio de funcionamento .....	91
4.2.5.	Órgão de Corte da Rede - Tipo 2.....	92
4.3.	Conclusão.....	93

## Capítulo 5 – O Papel das Telecomunicações na Exploração e Condução da Rede Elétrica

5.1.	Suporte à proteção, comando e controlo da rede elétrica .....	95
------	---	----

5.1.1.	SCADA .....	95
5.1.2.	Teleproteções .....	98
5.1.2.1.	Esquemas de teleproteção .....	99
5.1.3.	Proteções diferenciais .....	100
5.2.	Suporte a serviços de apoio à gestão, operação e manutenção da rede elétrica.....	101
5.2.1.	Teleengenharia .....	101
5.2.2.	Telecontagem .....	102
5.2.3.	Qualidade de Energia Elétrica .....	102
5.2.3.1.	Importância da qualidade de energia .....	102
5.2.3.2.	Metodologia da monitorização da qualidade de energia .....	103
5.3.	Tendências futuras .....	104
5.3.1.	InovGrid .....	104
5.4.	Conclusão.....	106

## Capítulo 6 – Atividades de Acompanhamento Realizadas

6.1.	Atividade 1 .....	107
6.2.	Atividade 2.....	108
6.3.	Atividade 3.....	110
6.4.	Atividade 4.....	118
6.5.	Conclusão.....	123

## Capítulo 7 – Análise e Mitigação do Risco Associado à Falha dos Equipamentos SDH

7.1.	Conceitos e técnicas de manutenção de equipamentos .....	126
7.1.1.	Equipamento e a manutenção .....	126
7.1.2.	Importância da manutenção.....	127
7.1.3.	Custos associados à manutenção .....	127
7.1.4.	Tipos de manutenção.....	128
7.1.4.1.	Manutenção Proactiva.....	128
7.1.4.1.1.	Manutenção Preventiva Sistemática .....	128
7.1.4.1.2.	Manutenção Preventiva Condicionada .....	129
7.1.4.2.	Manutenção Reativa .....	129
7.1.4.3.	Metodologia “ <i>Reliability Centered Maintenance</i> ”.....	130
7.2.	Levantamento do perfil de avarias da EDP Distribuição .....	132

7.2.1.	Duração do estudo .....	132
7.2.2.	Registo de avarias.....	132
7.2.3.	Equipamentos analisados .....	133
7.2.4.	Parâmetros considerados no levantamento de avarias .....	133
7.2.5.	Parâmetros estimados .....	135
7.2.6.	Tipos de intervenção nas avarias .....	136
7.2.6.1.	Intervenção Tipo I – Acesso Remoto.....	136
7.2.6.1.1.	Duração da Intervenção Tipo I .....	137
7.2.6.1.2.	Custo da Intervenção Tipo I.....	137
7.2.6.2.	Intervenção Tipo II – Indicações por telefone .....	137
7.2.6.2.1.	Duração da Intervenção Tipo II .....	138
7.2.6.2.2.	Custo da Intervenção Tipo II.....	138
7.2.6.3.	Intervenção Tipo III – Indicações por telefone mais intervenção dos técnicos no local .....	139
7.2.6.3.1.	Duração da Intervenção Tipo III .....	139
7.2.6.3.2.	Custo da Intervenção Tipo III.....	140
7.2.6.4.	Intervenção Tipo IV – Intervenção no local .....	140
7.2.6.4.1.	Duração da Intervenção Tipo IV .....	140
7.2.6.4.2.	Custo da Intervenção Tipo IV .....	141
7.2.7.	Condições de trabalho dos técnicos.....	141
7.2.8.	Custo do transporte.....	142
7.3.	Metodologia atual dos equipamentos SDH .....	144
7.3.1.	Aplicação da metodologia RCM .....	144
7.3.2.	Funções e falhas funcionais .....	145
7.3.3.	Modos de falha .....	145
7.3.4.	Causas das avarias .....	146
7.3.5.	Efeitos locais da falha.....	147
7.3.6.	Efeitos globais da falha .....	147
7.3.7.	Padrões das avarias.....	148
7.3.8.	Parâmetros das avarias SDH .....	149
7.3.8.1.	Taxa de avarias .....	150
7.3.8.2.	Duração média das avarias.....	150
7.3.8.3.	Tempo médio entre falhas.....	150
7.3.8.4.	Tempo médio de reparação .....	151
7.3.8.5.	Disponibilidade .....	151
7.3.8.6.	Custo médio de intervenção.....	151
7.3.9.	Matriz de Risco aplicada .....	152
7.3.9.1.	Parâmetros da Matriz de Risco .....	153
7.3.9.1.1.	Segurança das pessoas .....	154
7.3.9.1.2.	Ambiente .....	154
7.3.9.1.3.	Repercussão nos Média e População .....	154

7.3.9.1.4.	Continuidade de serviço (TIEPI MT) .....	155
7.3.9.1.4.1.	Equipamentos SDH localizados junto aos <i>FrontEnds</i> .....	161
7.3.9.1.4.2.	SDH localizado num ponto intermédio da rede .....	163
7.3.9.1.5.	Resultados .....	165
7.3.9.1.6.	Período médio entre ocorrências .....	165
7.3.9.1.7.	Zonas de risco .....	166
7.3.9.2.	Matriz de Risco resultante .....	166
7.4.	Proposta de atuação para mitigação dos riscos .....	167
7.4.1.	Proposta de mitigação do risco nos nós SDH juntos aos <i>FrontEnds</i> .....	168
7.4.1.1.	Custos associados à proposta de mitigação .....	170
7.4.1.1.1.	Custo de manutenção sem MPS .....	172
7.4.1.1.2.	Custo de manutenção com MPS .....	173
7.4.2.	Proposta de mitigação do risco nos nós SDH intermédios da rede .....	173
7.4.2.1.	Custos associados à proposta de mitigação .....	174
7.4.2.1.1.	Custos de manutenção sem MPS .....	174
7.4.2.1.2.	Custos de manutenção com MPS .....	175
7.5.	Contrato com o fornecedor de equipamentos SDH .....	176
7.5.1.	Serviços a disponibilizar .....	176
7.5.1.1.	Serviço de Emergência 24 horas .....	177
7.5.1.2.	Diagnóstico Remoto .....	177
7.5.1.3.	<i>On Call Suport</i> .....	177
7.5.2.	Condições do contrato .....	178
7.5.3.	Valor atribuído ao contrato .....	178
7.5.3.1.	Valor do ganho na redução do risco .....	179
7.5.3.2.	Determinação dos custos com contrato “Gold Card” com fornecedor .....	180
7.5.3.3.	Encargos .....	181
7.5.3.4.	Valor apropriado .....	184
7.6.	Conclusão .....	184

## Capítulo 8 – Conclusões e Propostas para Desenvolvidos Futuros

8.1.	Conclusões .....	187
8.2.	Propostas para desenvolvimentos futuros .....	188
8.2.1.	Elaboração de propostas de revisão de manutenção para equipamentos de telecomunicações .....	189
8.2.2.	Criação de folhas de registo de avarias .....	189
8.3.	Nota Final .....	189

## Referências Bibliográficas

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1 – Centros electroprodutores em regime ordinário [4].	6
Figura 2.2– Evolução da produção em regime ordinário [3].	7
Figura 2.3 – Evolução da produção em regime especial [3].	7
Figura 2.4 – Centros electroprodutores em regime especial [4].	8
Figura 2.5 – Rede Nacional de Transporte [8].	9
Figura 2.6 – Elementos constituintes da RND nos anos 2011 e 2012 [10].	10
Figura 2.7 – Mudança de marca da EDP ao longo do tempo [11].	12
Figura 2.8 – EDP no Mundo [13].	12
Figura 2.9 – Estrutura Departamental da Direção de Automação e Telecontrolo [15].	14
Figura 3.1 – Atenuação nas fibras óticas [16].	18
Figura 3.2 – Dispersão nas fibras óticas [20].	18
Figura 3.3 – Rede de Fibra Ótica em Portugal Continental [22].	20
Figura 3.4 – Posicionamento do cabo OPGW [24].	21
Figura 3.5 – Interior de um cabo OPGW [23].	22
Figura 3.6 – Aspeto exterior de um cabo ADSS [26].	22
Figura 3.7 – Interior de um cabo ADSS [25].	23
Figura 3.8 – Posicionamento do cabo ADSS em linhas AT e MT [24].	23
Figura 3.9 – Cabo ADSS num apoio de suspensão de MT [24].	23
Figura 3.10 – Cabo ADSS num apoio de amarração de AT [24].	24
Figura 3.11– Possíveis zonas de trabalho dos técnicos [28].	24
Figura 3.12 – Posicionamento do cabo dielétrico de conduta numa linha de AT [24].	25
Figura 3.13 – Interior de um cabo dielétrico de conduta [25].	26
Figura 3.14 – Diagrama de potência ótica refletida em função da distância [32].	27
Figura 3.15 – Fonte de Luz [30].	27
Figura 3.16 – Medidor de Potência [30].	27
Figura 3.17 – Exemplo de montagem de uma ligação por correntes portadoras [33].	28
Figura 3.18 – Gama de frequências das ondas rádio [35].	30
Figura 3.19 – Ligação direta entre rádios microondas.	31
Figura 3.20 – Ligação entre rádios microondas com auxílio de equipamentos PDH.	31
Figura 3.21 – Rede Fonia.	33
Figura 3.22 – Obtenção do sinal com múltiplos canais de entrada [39].	34
Figura 3.23 – Sistema PCM 30 [40].	34
Figura 3.24 – Obtenção do sinal com 32 canais de entrada [40].	35
Figura 3.25 – Hierarquia Plesiócrona [40].	35
Figura 3.26 – <i>Subrack 19''</i> da EFACEC.	37
Figura 3.27 – <i>Subrack 19''</i> da ALCATEL [43].	37
Figura 3.28 – Cartas no <i>Subrack 19''</i> da Efacec.	37
Figura 3.29 – Cartas no <i>Subrack 19''</i> da Alcatel.	37
Figura 3.30 – Carta RGPA da ALCATEL [43].	38

Figura 3.31–Carta CPU2000 da EFACEC. Figura 3.32– Carta PCM2BIS da ALCATEL [43].	39
Figura 3.33–Carta CNCC da ALCATEL [43]. Figura 3.34 – Carta CBRA da ALCATEL [43].	39
Figura 3.35 – Carta RAC da ALCATEL [43].	40
Figura 3.36 – Carta 64 kbit/s – G.703 da ALCATEL [43].	40
Figura 3.37 – Carta EAMIC da EFACEC.	41
Figura 3.38– Carta AEMIC da EFACEC. Figura 3.39– Carta SPCM-S4 da ALCATEL [43].	41
Figura 3.40 – Carta 2/4 W Áudio da ALCATEL [43].	42
Figura 3.41 – Carta ISDN da ALCATEL [43].	43
Figura 3.42 – Carta 1521 FL da ALCATEL [43].	43
Figura 3.43 – Carta LIU2000E da EFACEC.	44
Figura 3.44 – Carta LIU2000RE da EFACEC.	44
Figura 3.45 – Carta MUX4E1SO da EFACEC.	44
Figura 3.46 – Carta CCMIC da EFACEC.	45
Figura 3.47 – Ligação entre dois equipamentos PDH da Efacec.	47
Figura 3.48 – Rede SDH incorporando redes PDH [40].	48
Figura 3.49 – Estrutura da <i>frame</i> STM-1 [40].	49
Figura 3.50 – Obtenção das <i>frames</i> superiores a STM-1 [40].	50
Figura 3.51 – Equipamentos SDH em Portugal Continental [22].	51
Figura 3.52 – <i>Subrack</i> 1650 SMC.	52
Figura 3.53–Cartas no <i>Subrack</i> do 1650 SMC [44]. Figura 3.54–Cartas no <i>Subrack</i> do 1660 SM [45].	53
Figura 3.55 – Carta A21E1.	53
Figura 3.56 – Comunicações entre a carta A21E1 e a carta tributária P63E1.	54
Figura 3.57 – Comunicações entre a carta A2S1 e a carta tributária P4S1N.	54
Figura 3.58 – Comunicações entre a carta A4ES1 e a carta tributária P4S1N.	55
Figura 3.59 – Carta SERGI.	55
Figura 3.60 – Carta CONGI.	56
Figura 3.61 – Carta Equico.	56
Figura 3.62 – Carta P6E31.	57
Figura 3.63 – Carta P4S1N.	57
Figura 3.64 – Carta L-4.2N.	58
Figura 3.65 – Carta SYNTH1N.	58
Figura 3.66 – Carta SYNTH4.	59
Figura 3.67 – Representação de um módulo ótico.	59
Figura 3.68 – Princípio de funcionamento do TETRA.	63
Figura 3.69 – Modo de operação TMO [51].	64
Figura 3.70 – Modo de operação DMO.	64

Figura 3.71 – Operação DMO em modo “back-to-back”.....	65
Figura 3.72 – Operação DMO “Repeater” [52].....	65
Figura 3.73 – Operação DMO “Gateway” [52].....	66
Figura 3.74 – Operação DMO “Dual Watch” [48].....	66
Figura 3.75 – Previsão da cobertura e dos links do Rádio SIRESP [53].....	67
Figura 3.76 – Comunicação de dados entre o <i>FrontEnd</i> de Palhavã e as URR’s [53].....	68
Figura 3.77 – Comunicação de voz entre terminais de voz e uma consola do despacho [53].	68
Figura 4.1 – Subestação de distribuição [55]. .....	71
Figura 4.2 – Automação e Telecontrolo da Rede Elétrica.....	72
Figura 4.3 – Esquema de uma subestação de distribuição [55].....	73
Figura 4.4 – Transformador de Tensão. ....	74
Figura 4.5 – Descarregador de Sobretensão. ....	74
Figura 4.6 – Transformador de Intensidade. ....	75
Figura 4.7 – Disjuntor.....	75
Figura 4.8 – Seccionador. ....	76
Figura 4.9 – Isolador.....	76
Figura 4.10 – Transformador de Potência. ....	77
Figura 4.11 – Baterias de Condensadores. ....	77
Figura 4.12 – Reactância de Neutro. ....	78
Figura 4.13 – Edifício de Comando [55].....	79
Figura 4.14 – Constituição do QMMT [57]. ....	79
Figura 4.15 – Armários de Comando e Controlo. ....	80
Figura 4.16 – Arquitetura dos SPCC das subestações numéricas. ....	82
Figura 4.17 – Aparelhagem da subestação. ....	83
Figura 4.18 – IED. ....	83
Figura 4.19 – Saída dos cabos de cobre de um equipamento da subestação.....	84
Figura 4.20 – Entrada dos cabos de cobre numa unidade de painel.....	84
Figura 4.21 – Princípio de funcionamento do automatismo VT [62].....	88
Figura 4.22 – DAR instalado numa linha aérea de MT [60]. ....	89
Figura 4.23 – IAR instalado num posto de uma linha aérea de MT [60]. ....	90
Figura 4.24 – OCR1 instalado numa linha aérea de MT [60]. ....	91
Figura 4.25 – Interligação entre o Centro de Comando e o OCR1 [63].....	92
Figura 4.26 – OCR2 instalado numa linha aérea de MT [60]. ....	92
Figura 5.1 – Localização dos <i>FrontEnds</i> .....	96
Figura 5.2 – Comunicação dos SPCC’s com Centros de Comando.....	97
Figura 5.3 – Ligação direta dos IED’s.....	99
Figura 5.4 – Ligação entre os IED’s utilizando o PDH.....	99
Figura 5.5 – Ligação direta entre os IED’s.....	100
Figura 5.6 – Ligação entre IED’s através do PDH.....	100
Figura 5.7 – Rede de comunicações na monitorização da qualidade de energia [67]. ....	103

Figura 5.8 – Desafios do projeto <i>InovGrid</i> [68].	104
Figura 5.9 – Arquitetura do projeto <i>InovGrid</i> [69].	105
Figura 6.1 – Ligação entre Seia e Vila da Rua antes de efetuar o procedimento.	108
Figura 6.2 – Criação da Redundância entre Seia e Vila da Rua.	109
Figura 6.3 – Encaminhamento dos serviços da OPTIMUS.	110
Figura 6.4 – Remoção do <i>tubo-loose</i> .	112
Figura 6.5 – Verificação de serviços das fibras.	112
Figura 6.6 – Corte da fibra no ângulo de 90 graus.	113
Figura 6.7 – Equipamento de fusão de fibras óticas.	113
Figura 6.8 – Fibras óticas com mangas termocontráteis arrumadas dentro da caixa torpedo.	114
Figura 6.9 – Caixa torpedo dentro da CVP.	114
Figura 6.10 – Visualização da zona onde foi aberta a vala.	115
Figura 6.11 – Passagem do cabo pela cave.	115
Figura 6.12 – Entrada do cabo no bastidor.	115
Figura 6.13 – Bastidor de Fibras Óticas com os respetivos repartidores óticos (ODF's).	116
Figura 6.14 – Representação do ODF com as fibras óticas arrumadas.	116
Figura 6.15 – ODF da OPTIMUS instalado no Bastidor de Fibras Óticas.	117
Figura 6.16 – ODF ligado ao repartidor ótico de Vila Chã.	117
Figura 6.17 – Circuito dos serviços ONI desde de SE Vila Chã ao Edifício EDP Repeses.	119
Figura 6.18 – ODF de Tondela e ODF da ONI.	119
Figura 6.19 – OTDR nos testes de medição do comprimento do circuito ótico.	120
Figura 6.20 – Ligação do <i>patch-cord</i> ao ODF da ONI.	120
Figura 6.21 – OTDR no teste de encaminhamento	121
Figura 6.22 – Ligação dos <i>patch-cords</i> entre os dois ODF's	121
Figura 6.23 – ODF's no Edifício de Repeses	122
Figura 6.24 – OTDR no teste de encaminhamento	122
Figura 7.1 – Taxa de falhas em função do período do equipamento [71].	126
Figura 7.2 – Duração da Intervenção Tipo I.	137
Figura 7.3 – Custo da Intervenção Tipo I.	137
Figura 7.4 – Duração da Intervenção Tipo II.	138
Figura 7.5 – Custo da Intervenção Tipo I.	139
Figura 7.6 – Duração da Intervenção Tipo III.	139
Figura 7.8 – Duração da Intervenção Tipo IV.	140
Figura 7.9 – Custo da Intervenção Tipo IV.	141
Figura 7.10 – Modos de falha para o equipamento SDH.	146
Figura 7.11 – Causas das avarias para o equipamento SDH.	147
Figura 7.12 – Aspeto da Matriz de Risco da EDP Distribuição [22].	154
Figura 7.13 – Matriz de Risco resultante para os equipamentos SDH junto aos <i>FrontEnds</i> .	166
Figura 7.14 – Matriz de Risco resultante para os equipamentos SDH intermédios da rede.	167
Figura 7.15 – Matriz de Risco com a implementação da MPS	168
Figura 7.16 – Matriz de Risco com a implementação do contrato de apoio da Alcatel	170



Figura 7.17 – Parcelas que entram no custo de uma MPS .....	170
Figura 7.18–Matriz de Risco com MPS e com apoio da Alcatel nos SDH intermédios na rede .....	173



## ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 3.1- Níveis e velocidades de transmissão da tecnologia SDH [40].	49
Tabela 4.1 – Funções das celas do QMMT [58].	80
Tabela 4.2 – Funções dos Armários de Comando e Controlo [58], [59]	81
Tabela 7.1 – Vantagens e desvantagens da Manutenção Preventiva Sistemática [71].	128
Tabela 7.2 – Vantagens e desvantagens da Manutenção Preventiva Condicionada [71].	129
Tabela 7.3 – Vantagens e desvantagens da Manutenção Reativa [71].	130
Tabela 7.4 – Vantagens e desvantagens da metodologia RCM [71].	131
Tabela 7.5 – Aplicações típicas dos tipos de manutenção aplicados numa decisão RCM [71].	131
Tabela 7.6 – Parâmetros considerados e respetivos valores estimados	135
Tabela 7.7 – Custo do colaborador consoante o regime de trabalho [22].	142
Tabela 7.8 – Registo de consumos médios e valor de portagens para veículos [22].	143
Tabela 7.9 – Caracterização das avarias ocorridas na rede SDH	149
Tabela 7.10 – Resumo dos parâmetros importantes para avarias SDH	153
Tabela 7.11 – Nº de subestações e interrupções na rede de AT e MT desde 2003 a 2012.	157
Tabela 7.12 – Nº de instalações e interrupções na rede de AT e MT durante o estudo	158
Tabela 7.13 – Nº de PT's e Potência Instalada dos PT's de 2003 a 2012	159
Tabela 7.14 – Nº de instalações afetadas pelos equipamentos SDH junto aos <i>FrontEnds</i>	162
Tabela 7.15 – Nº de instalações afetadas pelos equipamentos SDH intermédios da rede	164
Tabela 7.16 – Custos de MPS para os nós SDH juntos aos <i>FrontEnds</i>	171



## SIMBOLOGIA

$\lambda$  - Taxa de avarias dos equipamentos SDH na rede

$\lambda_{\text{CRIT}}$  - Taxa de avarias a considerar para o equipamento SDH mais crítico na Região Centro

$\lambda_{\text{MÉD}}$  - Taxa média de avarias para um equipamento SDH na rede

$\lambda_{\text{MMPS}}$  - Taxa de avarias média estimada após implementação da MPS

$\lambda_{\text{NCRIT}}$  - Taxa de avarias a considerar para o equipamento SDH mais crítico após implementação MPS

$C_{\text{CHD}}$  - Remuneração da carga horária durante o regime de disponibilidade de um especialista técnico

$C_{\text{CHN}}$  - Remuneração da carga horária durante o regime normal de trabalho de um especialista técnico

$C_{\text{CS}}$  - Custo dos serviços *On Call Support*

$C_{\text{E}}$  - Encargo total de um especialista técnico na Alcatel durante um ano

$C_{\text{E2}}$  - Encargo total de dois especialistas técnicos na Alcatel durante um ano

$C_{\text{EDPE}}$  - Valor da comparticipação de 20 % à Alcatel

$C_{\text{EDPA}}$  - Valor de comparticipação de 30 % à Alcatel

$C_{\text{ET}}$  - Custo de um especialista técnico por cada hora de intervenção,

$C_{\text{HD}}$  - Carga horária durante o regime de disponibilidade

$C_{\text{HN}}$  - Carga horária durante o regime normal de trabalho

$C_{\text{MI}}$  - Custo da intervenção médio na avaria de um equipamento SDH na rede

$C_{\text{MMRPF}}$  - Custo da manutenção corretiva aos equipamentos SDH junto ao *FrontEnd* após implementação das MPS

$C_{\text{MMRPI}}$  - Custo da manutenção corretiva aos equipamentos SDH intermédios da rede após implementação das MPS

$C_{\text{MPCF}}$  - Custo da manutenção preventiva condicionada nos equipamentos SDH junto ao *FrontEnd*

$C_{\text{MPCI}}$  - Custo da manutenção preventiva condicionada nos equipamentos SDH intermédios da rede

$C_{\text{MPSE}}$  - Custo médio de uma MPS a um equipamento SDH

$C_{\text{MPSEF}}$  - Custo médio das MPS nos equipamentos SDH junto ao *FrontEnd* durante o seu tempo operacional

$C_{MPSI}$  - Custo médio das MPS nos equipamentos SDH intermédios da rede durante o seu tempo operacional

$C_{MREF}$  - Custo médio de reparação de avarias por equipamento SDH junto ao *FrontEnd* num período de 10 anos

$C_{MREI}$  - Custo médio de reparação de avarias por equipamento intermédio na rede num período de 10 anos

$C_{MRPF}$  - Custo estimado para uma manutenção corretiva no leque de equipamentos junto ao *FrontEnd* a nível nacional num período de 10 anos

$C_{MRPI}$  - Custo estimado para uma manutenção corretiva no leque de equipamentos intermédios da rede a nível nacional num período de 10 anos

$C_{MMRPI}$  - Custo da manutenção corretiva nos equipamentos SDH intermédios da rede após implementação da MPS

$C_s$  – Custos dos serviços disponibilizados pela Alcatel

$C_{SE24}$  - Custo dos serviços de Emergência 24 horas

$C_{TI}$  - Custo total de manutenção com MPS nos SDH intermédios da rede

$C_{TF}$  - Custo total de manutenção com MPS nos SDH junto aos *FrontEnds*

$D_E$  – Tempo de duração do estudo, em anos

$D_i$  – Disponibilidade de um equipamento SDH

$D_{OCS}$  - Duração dos serviços *On Call Support*

$D_{SE24}$  - Duração dos serviços de emergência 24 horas

$f$  - Período médio entre ocorrências para o caso mais crítico

$f_n$  – Período médio entre ocorrências após implementação da MPS aos equipamentos SDH junto ao *FrontEnd*

$H$  - Número de horas semanais

$N_A$  - Número médio de avarias por equipamento SDH em 10 anos

$N_{AMPS}$  - Número médio de avarias por equipamento SDH estimado após implementação da MPS

$N_{B2}$  – Número de blocos de 2 minutos em uma hora

$N_D$  – Número de dias num ano

$N_{DU}$  - Número de dias úteis existentes num ano

$N_F$  – Número de equipamentos SDH junto ao *FrontEnd* a nível nacional

$N_H$  – Número de horas de um dia

- $N_{HI}$  - Número de horas que um especialista técnico trabalha por dia útil
- $N_{HN}$  - Número de horas que um especialista técnico trabalha por dia, durante o regime normal de trabalho
- $N_{HSD}$  - Número de horas dos Sábados e Domingos inteiros
- $N_I$  - Número de equipamentos SDH intermédios da rede a nível nacional
- $N_{IAT}$  - Número total de interrupções na rede AT
- $N_{IAT2003}$  - Número de interrupções na rede AT no período analisado em 2003
- $N_{IAT2013}$  - Número de interrupções na rede AT no período analisado em 2013
- $N_{IMT}$  - Número total de interrupções na rede MT
- $N_{IMT2003}$  - Número de interrupções na rede MT no período analisado em 2003
- $N_{IMT2013}$  - Número de interrupções na rede MT no período analisado em 2013
- $N_{MPSI}$  - Número de MPS realizadas aos equipamentos SDH intermédios da rede a nível nacional
- $N_{MPSF}$  - Número de MPS aos equipamentos SDH junto ao *FrontEnd* a nível nacional
- $N_{OCS}$  - Número de serviços *On Call Support*
- $N_{SD}$  - Número de Sábados e Domingos existentes num ano.
- $N_{SE}$  - Número médio de subestações
- $N_{SE24}$  - Número de serviços de emergência 24 horas
- $N_{SEF}$  - Número médio de telecomandos de subestações suportado pelo equipamento SDH junto ao *FrontEnd*
- $N_{SEI}$  - Número médio de telecomandos de subestações suportado pelo equipamento SDH intermédio da rede
- $N_{SMT}$  - Número médio de saídas MT por subestação
- $PI_{AT391}$  - Probabilidade de ocorrer uma interrupção de energia numa linha AT
- $PI_{MT391}$  - Probabilidade de ocorrer uma interrupção de energia numa saída MT de uma subestação
- $PI_{PTREDE}$  - Potência média instalada total na rede
- $PL_{IMT391}$  - Probabilidade de uma linha MT sofrer uma interrupção na distribuição de energia
- $PL_{IMT29}$  - Probabilidade de ocorrer uma interrupção de uma linha MT nas subestações afetadas pelo SDH
- $PL_{IMT8}$  - Probabilidade de ocorrer uma interrupção de uma linha MT nas subestações afetadas por um nó SDH
- $PI_{PTSDH}$  - Potência instalada média por subestação

**$R_D$**  – Remuneração diária;

**$R_H$**  – Remuneração horária;

**$R_N$**  – Remuneração normal mensal;

**$T_I$**  – Tempo estimado até que o piquete inicie a intervenção, em horas

**$V_C$**  - Valor considerado justo para o contrato



## ABREVIATURAS

<b>ACC</b>	– Armário de Comando e Controlo
<b>ADSS</b>	– <i>All Dielectric Self-Supported</i>
<b>AF</b>	– Alta Frequência
<b>ANACOM</b>	– Autoridade Nacional de Comunicações
<b>AT</b>	– Alta Tensão
<b>ATOM</b>	– Departamento de Operação e Manutenção
<b>BT</b>	– Baixa Tensão
<b>CC</b>	– Centro de Comando
<b>CNCC</b>	– <i>Common Network Controller Circuit</i>
<b>CPL</b>	– Correntes Portadoras em Linha
<b>CPU</b>	– Unidade de Processamento Central
<b>CVP</b>	– Caixa de Visita Pública
<b>DAR</b>	– Disjuntor Auto Religador
<b>DAT</b>	– Direção de Automação e Telecontrolo
<b>DDC</b>	– Direção de Despacho e Condução
<b>DMO</b>	– <i>Direct Mode Operation</i>
<b>DRCM</b>	– Direção de Redes e Clientes Mondego
<b>DST</b>	– Descarregador de Sobretensão
<b>DTC</b>	– <i>Distribution Transformer Controller</i>
<b>DUTT</b>	– <i>Direct Underreaching Transfer Trip</i>
<b>EB</b>	– <i>Energy Box</i>
<b>EDP</b>	– Energias de Portugal
<b>EM</b>	– Estação Móvel
<b>END</b>	– Energia Não Distribuída
<b>ERSE</b>	– Entidade Reguladora dos Serviços Energéticos
<b>ETSI</b>	– <i>European Telecommunications Standards Institute</i>
<b>FO</b>	– Fibra Ótica
<b>FPS</b>	– Ficha de Prevenção e de Segurança

<b>IAR</b>	– Interruptor Auto Religador
<b>IED</b>	– Dispositivo Eletrônico Inteligente
<b>INOSS</b>	– <i>Integrated Network Operations Support System</i>
<b>IP</b>	– <i>Internet Protocol</i>
<b>LED</b>	– <i>Light Emitting Diode</i>
<b>MPLS</b>	– <i>Multiprotocol Label Switching</i>
<b>MPS</b>	– Manutenção Preventiva Sistemática
<b>MT</b>	– Média Tensão
<b>MTBF</b>	– <i>Mean Time Between Failures</i>
<b>MTTR</b>	– <i>Mean Time To Repair</i>
<b>MUX2000</b>	– Multiplexer do PDH da Efacec
<b>OCR1</b>	– Órgão de Corte de Rede – Tipo 1
<b>OCR2</b>	– Órgão de Corte de Rede – Tipo 2
<b>OCR3</b>	– Órgão de Corte de Rede – Tipo 3
<b>ODF</b>	– <i>Optical Distribution Frame</i>
<b>OMPRT</b>	– Departamento de Operação e Manutenção de Porto
<b>OPGW</b>	– <i>Optical Power Ground Wire</i>
<b>OTDR</b>	– <i>Optical Time Domain Reflectometer</i>
<b>PCL</b>	– Posto de Comando Local
<b>PCM</b>	– <i>Pulse Code Modulation</i>
<b>PDO</b>	– <i>Packet Data Optimizer</i>
<b>PDH</b>	– <i>Plesiochronous Digital Hierarchy</i>
<b>PLC</b>	– <i>Power Line Communication</i>
<b>PMR</b>	– Rede Móvel Digital Própria
<b>POTT</b>	– <i>Permissive Overreaching Transfer Trip</i>
<b>PT</b>	– Posto de Transformação
<b>PUTT</b>	– <i>Permissive Underreaching Transfer Trip</i>
<b>QMMT</b>	– Quadro Metálico de MT
<b>RCM</b>	– <i>Reliability Centered Maintenance</i>
<b>RDIS</b>	– Rede Digital Integrada de Serviços

**REN** – Rede Elétrica Nacional

**RND** – Rede Nacional de Distribuição

**RNT** – Rede Nacional de Transporte

**RQS** – Regulamento de Qualidade de Serviço

**RTU** – Unidade Terminal Remota

**SCADA** – *Supervisory Control and Data Acquisition*

**SDH** – *Synchronous Digital Hierarchy*

**SEN** – Sistema Elétrico Nacional

**SF6** – Hexafluoreto de Enxofre

**SIRESP** – Sistema Integrado das Redes de Emergência e Segurança de Portugal

**SPCC** – Sistema de Proteção de Comando e Controlo

**STM** – *Synchronous Transport Module*

**TCP** – *Transport Control Protocol*

**TDM** – *Multiplexing* por Divisão de Tempo

**TETRA** – *Terrestrial Trunked Rádio*

**TI** – Transformador de Intensidade

**TIEPI** – Tempo de Interrupção Equivalente de Potência Instalada

**TMO** – *Trunked Mode Operation*

**TRU** – *Transmit Receive Unit*

**TP** – Transformador de Potência

**TT** – Transformador de Tensão

**UC** – Unidade Central

**UHF** – *Ultra High Frequency*

**VHF** – *Very High Frequency*

**VLAN** – *Virtual Local Area Network*

**VT** – *Voltage-Time*



## 1. INTRODUÇÃO

As redes de Alta Tensão (AT) e de Média Tensão (MT) da EDP Distribuição, podem considerar-se no conceito das redes com inteligência, a qual é incorporada em sistemas de automação e telecontrolo que trocam informação, usualmente suportados numa rede de telecomunicações privativa. Contudo, a tendência será a aplicação deste contexto de inteligência, designado por *SmartGrids*, a todos os níveis de tensão na rede de distribuição devido ao aparecimento da produção de energia renovável ligada de forma distribuída à rede de AT e MT, microprodução e da mobilidade elétrica.

A EDP Distribuição, como operadora da rede de distribuição de energia elétrica, deve garantir níveis de continuidade e qualidade de serviço de acordo com as exigências do Regulamento de Qualidade de Serviço (RQS) e necessidades dos clientes. Para tal, a EDP Distribuição possui redes de telecomunicações privativas implementadas que acompanham toda a rede elétrica de AT e MT, permitindo a monitorização e telecontrolo da rede elétrica, por forma a garantir elevados níveis de fiabilidade, resiliência e segurança para as pessoas e bens.

Apesar da actual rede de telecomunicações da EDP Distribuição possuir um nível aceitável de fiabilidade recorrendo ao uso de redes legadas (SDH e PDH), o futuro da rede de telecomunicações passará pela instalação de equipamentos baseados na tecnologia IP (*Internet Protocol*), com o objetivo de garantir a característica de redundância automática na entrega da informação. Esta migração apenas estará concluída no médio-longo prazo uma vez que necessita de um grande investimento em termos de recursos financeiros e de tempo. Tendo em atenção este constrangimento, durante o estágio foi realizada uma análise das políticas de manutenção dos equipamentos de telecomunicações utilizados na EDP Distribuição, com o intuito de as otimizar, prolongando a vida útil dos mesmos. Com esse objetivo, foi elaborada uma proposta de revisão do plano de manutenção dos equipamentos de telecomunicações.

## 1.1. Tema escolhido

O tema escolhido para o estágio foi proposto pela empresa EDP Distribuição, tentando ir ao encontro de temas abordados durante o mestrado. Este tema permitiu agregar três áreas distintas, nomeadamente, as áreas de energia, telecomunicações e automação. Estas três áreas apesar de serem conceptualmente distintas, estão perfeitamente interligadas no papel de garantia da segurança da rede de distribuição de energia eléctrica nacional.

O tema proposto para o estágio é assim uma grande mais-valia, uma vez que permite adquirir conhecimentos das três áreas e na forma como as mesmas se poderão interagir.

## 1.2. Considerações gerais

A resiliência e a disponibilidade exigidas para a rede de distribuição de energia eléctrica tem levado as *Utilities* a optarem por implementar as suas próprias redes privadas de telecomunicações. Assim, a EDP Distribuição possui uma rede de telecomunicações privativa, que é fundamental à eficiente condução e exploração das redes eléctricas, servindo de suporte de comunicações aos seguintes sistemas [1]:

- ✓ Rede de telecomando de subestações de AT e MT;
- ✓ Rede telefónica corporativa;
- ✓ Rede de voz operacional (comunicações móveis);
- ✓ Rede de dados;
- ✓ Teleengenharia;
- ✓ Supervisão de Parques Eólicos;
- ✓ Telecontagem de Energia Eléctrica.

O facto de se ter estas redes e serviços suportados por uma rede de telecomunicações privativa deve-se a dois motivos. O primeiro motivo está relacionado com razões económicas, uma vez que se utilizam as infraestruturas, condutas, linhas aéreas e subterrâneas para fazer o suporte de meios de transmissão. O segundo motivo tem a ver com a independência de operadores externos, pois trata-se de uma rede crítica e necessita de elevada fiabilidade e resiliência.

Deste modo, é importante que a rede de telecomunicações esteja operacional 24 horas por dia, 365 dias por ano, e que todas as avarias que ocorram sejam solucionadas no menor curto

espaço de tempo pois, só assim, se conseguirá garantir a segurança de funcionamento da rede de distribuição de energia elétrica e consequentemente do país.

### 1.3. Objetivos do estágio

O estágio realizado teve como objetivo um primeiro contacto com o mercado de trabalho, através da participação nas diversas atividades desenvolvidas na EDP Distribuição. Na participação nestas atividades foi fundamental adquirir conhecimentos sobre os vários sistemas de telecomunicações e sobre as suas aplicações na rede nacional de distribuição de energia elétrica. Destas atividades, retirar-se-á a descrição do funcionamento da generalidade dos equipamentos em serviço e a elaboração de uma proposta de revisão da metodologia de manutenção para os equipamentos SDH da rede de telecomunicações da EDP Distribuição.

Em síntese, os objetivos do estágio realizado foram os seguintes:

- ✓ Estudo das tecnologias de telecomunicações utilizadas na EDP Distribuição;
- ✓ Estudo da automação da rede elétrica de distribuição;
- ✓ Estudo da utilização das redes de telecomunicações na condução e exploração da rede elétrica de distribuição;
- ✓ Acompanhamento de atividades desenvolvidas pelo departamento;
- ✓ Criação de uma proposta de revisão do plano de manutenção de equipamentos de telecomunicações.

### 1.4. Estrutura do relatório de estágio

A estrutura do presente relatório está relacionada com os objetivos anteriormente apresentados e assenta em oito capítulos, apresentando no início um resumo que sintetiza todo o trabalho desenvolvido.

No Capítulo 1 é destacada a justificação e a importância do tema escolhido e são apresentados os objetivos do estágio.

No Capítulo 2 é apresentado o Sistema Elétrico Nacional, a EDP e EDP Distribuição e particularmente as funções do departamento da EDP Distribuição onde o estágio se desenvolveu.

No Capítulo 3 são apresentados os sistemas de telecomunicações usados pela EDP Distribuição.

No Capítulo 4 é apresentada a automação e telecontrolo da rede elétrica.

No Capítulo 5 é exposto o papel das redes de telecomunicações na condução e exploração da rede elétrica.

No Capítulo 6 são descritas as atividades de acompanhamento realizadas.

No Capítulo 7 é criada uma proposta de revisão do plano de manutenção de equipamentos de telecomunicações.

No Capítulo 8 encontram-se as conclusões e propostas para futuros desenvolvimentos.

As referências bibliográficas aparecem no final do relatório numa seção própria.



## 2. Sistema Eléctrico Nacional

O grupo EDP é constituído por empresas que desenvolvem atividades em todas as componentes do Sistema Eléctrico Nacional (SEN). No âmbito deste trabalho existirá foco na empresa do grupo EDP onde se realizou o estágio, a EDP Distribuição.

A EDP Distribuição é a empresa que é responsável pela distribuição de energia eléctrica entre a rede de transporte e os pontos de entrega (“Instalações dos Clientes”) e é constituída por várias direcções que permitem assegurar a eficiência na operação e condução da rede eléctrica. Uma dessas direcções é a Direcção de Automação e Telecontrolo (DAT) que tem como missão conceber, instalar, gerir e manter os sistemas de automação e o telecontrolo da rede eléctrica, nos quais se incluem, em particular, os sistemas de telecomunicações.

### 2.1. Apresentação

O SEN divide-se em cinco áreas, isto é, produção, transporte, distribuição, comercialização e operação do mercado eléctrico.

As atividades do SEN devem-se basear em princípios de racionalidade e de eficiência na utilização de recursos, desde da produção até ao consumo final de energia eléctrica [2].

#### 2.1.1. Produção

A produção de energia eléctrica divide-se em dois regimes: regime ordinário e regime especial. A produção em regime ordinário é obtida através de fontes de produção hídrica e de centros electroprodutores que utilizam como fonte de energia, a energia não renovável.

Na Figura 2.1 encontram-se representados os centros electroprodutores em regime ordinário.

Na atualidade, os produtores em regime ordinário são: EDP Produção, Iberdrola e a Redes Energéticas Nacionais (REN) [5].

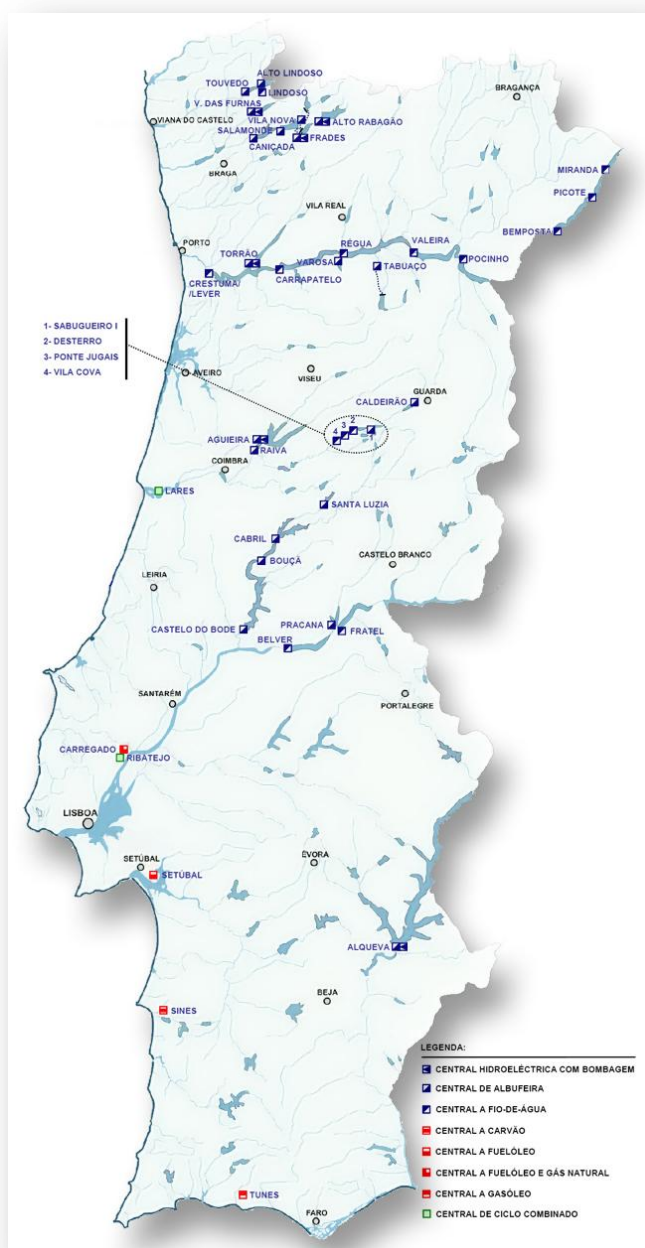


Figura 2.1 – Centros electroprodutores em regime ordinário [4].

A Figura 2.2 ilustra, a evolução da produção em regime ordinário.

Ao analisar a Figura 2.2, é importante dar atenção ao pormenor que a capacidade instalada das centrais termoelectricas em Portugal em 2011 tem aproximadamente a mesma capacidade que as centrais hidroelectricas, no entanto em 2012 a capacidade instalada das centrais hidroelectricas é superior à capacidade instalada das termoelectricas.



Figura 2.2– Evolução da produção em regime ordinário [3].

A produção em regime especial é realizada a partir da cogeração e de fontes renováveis. É importante referir que, este tipo de produção beneficia de tarifas especiais e que o consumidor final encontra-se obrigado a comprar energia elétrica proveniente deste tipo de produção [2]. A Figura 2.3 ilustra, a evolução da produção em regime especial.



Figura 2.3 – Evolução da produção em regime especial [3].

Através da Figura 2.3 destaca-se a evolução da produção de energia a partir do vento, uma vez que em cerca de 6 anos a capacidade instalada quase duplicou.

Na Figura 2.4 encontram-se representados os centros electroprodutores em regime especial.



Figura 2.4 – Centros electroprodutores em regime especial [4].

Em 2011, a produção em regime especial teve um peso de cerca de 34,5% no conjunto da potência instalada [6] .

### 2.1.2. Rede Nacional de Transporte

A Rede Nacional de Transporte (RNT) permite transportar a energia elétrica produzida nos centros electroprodutores até às redes de distribuição. A RNT encontra-se interligada com a rede espanhola em vários pontos do território português, permitindo assim, trocas de eletricidade com Espanha.

A RNT é constituída por linhas aéreas em todo o país, com níveis de tensão de 400 kV, 220 kV e 150 kV, existindo uma linha explorada a 132 kV no norte de Portugal. A RNT possui ainda troços em cabo subterrâneo com 220 kV e 150 kV, na região de Lisboa [7]. A Figura 2.5 ilustra, a RNT.



Figura 2.5 – Rede Nacional de Transporte [8].

O transporte de energia elétrica em Portugal está concessionado à REN.

### 2.1.3. Distribuição

A distribuição de energia elétrica baseia-se na Rede Nacional de Distribuição (RND) que é constituída por linhas aéreas e cabos subterrâneos de Alta Tensão (AT, 60 kV), Média Tensão (MT, 30 kV, 15 kV e 10 kV) e Baixa Tensão (BT, 400/230V). Além disto, a RND é constituída por redes de pequena dimensão a 132 kV na zona norte e a 6 kV na zona sul do país [9].

Contudo, a RND não é só constituída por cabos e por linhas, mas também por subestações, postos de seccionamento, postos de transformação e equipamentos acessórios ligados à exploração da rede. A Figura 2.6 ilustra, o número destes elementos em 2011 na RND.

	2011	2012
<b>Subestações <sup>(1)</sup></b>		
Nº de subestações	411	414
Nº de transformadores	721	726
Potência instalada (MVA)	16 809	17 047
<b>Linhas (incluindo ramais, em km)</b>	<b>83 256</b>	<b>83 319</b>
Aéreas	<b>66 725</b>	<b>66 777</b>
AT (60/130/150 kV)	8 592	8 625
MT (6/10/15/30 kV)	58 133	58 152
Cabos subterrâneos	<b>16 531</b>	<b>16 542</b>
AT (60/130/150 kV)	522	515
MT (6/10/15/30 kV)	16 009	16 027
<b>Postos de Transformação</b>		
Unidades	64 458	65 151
Potência instalada (MVA)	19 417	19 610
<b>Redes BT (km)</b>	<b>139 371</b>	<b>140 415</b>
Aéreas	106 744	107 516
Subterrâneas	32 627	32 899

Figura 2.6 – Elementos constituintes da RND nos anos 2011 e 2012 [10].

### 2.1.4. Comercialização

A liberalização do setor elétrico permitiu por um lado, separar a comercialização da distribuição e por outro, a entrada de novos agentes, introduzindo concorrência neste setor de atividade económica. Como contrapartida, os clientes passaram a relacionar-se diretamente com os comercializadores.

A comercialização de energia elétrica pode ser feita por qualquer entidade, pois os comercializadores podem comprar e vender energia elétrica de forma livre e têm o direito de ter acesso às redes de transmissão e distribuição através do pagamento de tarifas de acesso estabelecidas pela Entidade Reguladora dos Serviços Energéticos (ERSE).

No que diz respeito aos consumidores, estes são livres de escolher o fornecedor de energia elétrica que lhe oferece melhores condições, sem qualquer encargo adicional no processo de mudança de fornecedor. Para gerir o processo de mudança de fornecedor foi criada uma entidade independente, Operador Logístico de Mudança do Comercializador, que permitirá realizar a gestão de leitura da eletricidade e do contador [2].

#### **2.1.5. Operação de mercados elétricos**

Um mercado elétrico organizado é um sistema com diferentes métodos de contratação, que proporcionam o encontro da oferta e da procura, incluindo os mercados a prazo, diário e intra-diário.

A operação de mercados elétricos organizados depende de uma autorização conjunta do Ministro das Finanças e do Ministro Responsável pelo setor da energia. Estes mercados em Portugal deverão ser integrados em outros mercados elétricos organizados estabelecidos entre Portugal e qualquer Estado membro da Europa [2], MIBEL.

### **2.2. EDP**

A EDP – Energias de Portugal foi constituída em 1976, através da fusão de 13 empresas nacionalizadas em 1975, com o nome de “Eletricidade de Portugal”. Desde esse momento, ficou responsável pela eletrificação do país, pela modernização e extensão da rede de distribuição de energia elétrica, pelo planeamento e construção do parque electroprodutor nacional e pelo estabelecimento de uma tarifa única para os seus clientes. Com o passar dos anos, a empresa cresceu, mudou de marca, conquistou mercados, alargou a atividade e expandiu negócios [11]. A Figura 2.7 ilustra, de forma esquemática, a mudança de marca da EDP ao longo dos anos.





Figura 2.7 – Mudança de marca da EDP ao longo do tempo [11].

Atualmente, a EDP é a maior empresa não financeira em Portugal e encontra-se entre os grandes operadores europeus energéticos, empregando mais de 12.000 colaboradores em vários países, nomeadamente, Portugal, Espanha, França, Itália, Bélgica, Roménia, Estados Unidos e Brasil [12]. A distribuição da EDP no mundo é representada pela Figura 2.8.



Figura 2.8 – EDP no Mundo [13].

Na Península Ibérica, a EDP é a terceira maior empresa elétrica, com intervenção nas áreas da produção, distribuição e comercialização de eletricidade e de gás.

No Brasil a EDP é a terceira maior empresa privada de distribuição de eletricidade.

Na Ásia participa, há 20 anos, na companhia de eletricidade de Macau.



A EDP encontra-se empenhada na construção de um futuro mais sustentável e por isso fez um forte investimento em fontes de energia limpa com ganhos significativos em termos de eficiência energética. Deste modo, está presente nos Estados Unidos, um dos mercados mundiais com maior potencial de desenvolvimento eólico e é hoje o quarto maior produtor de energia eólica no Mundo [12].

Ao analisar as diversas áreas constituintes do SEN, constata-se que estas são muito distintas entre si e por isso justifica-se o facto de haver segmentos de atividade. Assim, a EDP dividiu-se, em Portugal, consoante as áreas que constituem o SEN, dando origem à EDP Produção, EDP Distribuição e EDP Comercialização.

### **2.2.1. EDP Distribuição**

A EDP Distribuição é a empresa que exerce a atividade de Operador de Rede de Distribuição de energia eléctrica em MT, AT e das concessões municipais em BT. A sua missão baseia-se na garantia da expansão e da fiabilidade da rede, do abastecimento de eletricidade e no fornecimento de serviços aos comercializadores.

Alguns serviços prestados pela EDP Distribuição são, nomeadamente, ligações à rede eléctrica, assistência técnica à rede e clientes, apoio na escolha de soluções energéticas eficientes e leitura de equipamentos de contagem [14].

Foi nesta empresa do grupo EDP que se realizou o estágio, mais propriamente na Direção de Automação e Telecontrolo (DAT) - no Departamento de Operação e Manutenção Porto – Pólo de Coimbra. A Figura 2.9 ilustra, de forma esquemática, o departamento onde decorreu o estágio.

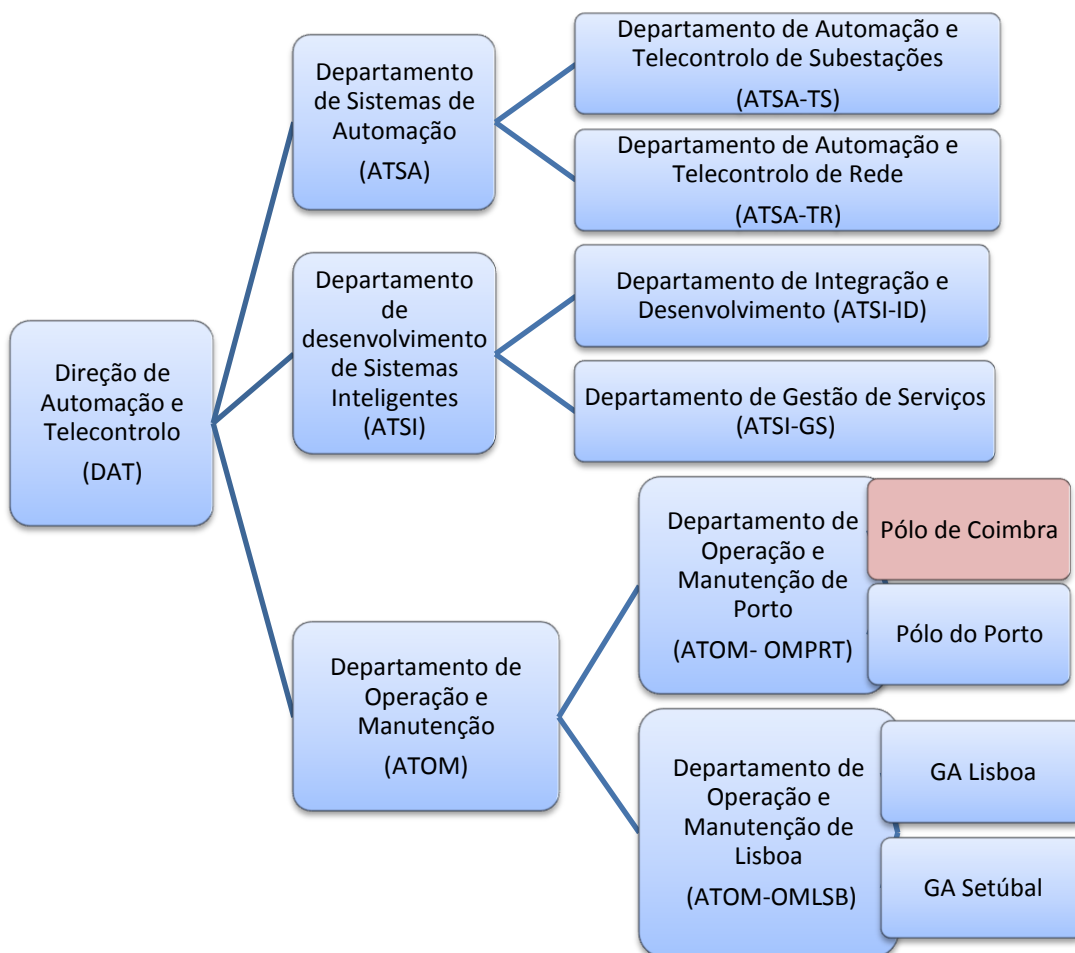


Figura 2.9 – Estrutura Departamental da Direção de Automação e Telecontrolo [15].

As atividades realizadas no departamento de operação e manutenção incluem, entre outras [15]:

- ✓ Instalação e parametrização de sistemas de proteções, automação, telecontrolo e telecomunicações;
- ✓ Acompanhamento/execução dos programas e ordens de manutenção/reparação de sistemas de proteções, automação, telecontrolo e telecomunicações;
- ✓ Análise dos relatórios de inspeção/reparação e preparação das ações de manutenção preventiva condicionada;
- ✓ Identificação dos programas de manutenção para sistemas de proteções, automação, telecontrolo e telecomunicações;
- ✓ Orçamentação e execução dos programas de manutenção para sistemas de proteções, automação, telecontrolo e telecomunicações;

- ✓ Definição de procedimentos de manutenção de sistemas de proteções, automação, telecontrolo e telecomunicações;
- ✓ Manutenção de base de dados de cadastro de equipamentos de proteções, automação, telecontrolo e telecomunicações.

Neste momento as atividades do Pólo de Coimbra estão condicionadas às componentes relacionadas com a área de telecomunicações.

### **2.3. Conclusão**

Neste capítulo foi apresentado o SEN e as atividades que o constituem, com o objetivo de adquirir conhecimentos sobre as características da rede do grupo EDP. Contudo, o presente relatório de estágio ir-se-á focar apenas na EDP Distribuição, em particular no Departamento de Operação e Manutenção do Pólo de Coimbra, uma vez que o estágio se realizou no seio desse departamento. É importante referir que a base para o desenvolvimento deste trabalho vai desde o conhecimento da estrutura da rede de telecomunicações, passando pelos equipamentos de telecomunicações e pela sua influência nos sistemas de automação e telecontrolo da rede elétrica, até à análise e otimização das políticas de manutenção utilizadas nos equipamentos de telecomunicações utilizados na EDP Distribuição.



### 3. Sistemas de Telecomunicações

Os sistemas de telecomunicações existentes na EDP Distribuição são em particular parte integrante do sistema que permite monitorizar e controlar as instalações elétricas a partir do Centro de Despacho e Condução, possibilitando a troca de dados entre o sistema SCADA e as Unidades Terminais Remotas (RTU's) das instalações elétricas. Estes sistemas de comunicações estão essencialmente suportados numa rede de cabos de fibras óticas que se encontra espalhada pelo país, apoiados em infraestruturas de rede de AT e MT e são essencialmente baseadas em equipamentos das tecnologias SDH, PDH, rádio microondas e por repetidores de rádio VHF analógicos.

Apesar do presente capítulo se centrar nas tecnologias de telecomunicações atualmente utilizadas na EDP Distribuição, na parte final do capítulo dar-se-á uma breve resenha sobre possíveis tecnologias de telecomunicações que de futuro poderão vir a ser implementadas na rede de telecomunicações da EDP Distribuição.

#### 3.1. Fibras óticas

A fibra ótica é um guia dielétrico com forma cilíndrica constituído por silício ou por plástico com capacidade de transmissão de luz. Trata-se de um excelente meio de transmissão em sistemas que exigem uma alta largura de banda, permitindo que a velocidade de transmissão neste meio possa ser efetuada a elevadas velocidades e distâncias.

Pela razão anteriormente apontada, a fibra ótica é também um meio de transmissão totalmente imune a interferências eletromagnéticas, o que é significativo, dado que o fluxo de dados não será interrompido durante a sua transmissão, ainda mais se tiverem em conta os ambientes electromagneticamente ruidosos em que estes cabos serão instalados em empresas de distribuição de energia elétrica [16], [17], [18].

As fibras óticas podem ser divididas em dois tipos: as fibras óticas monomodo e as multimodo. A fibra ótica monomodo está otimizada para funcionar nos comprimentos de onda de 1310 e 1550 nm e a luz possui apenas um modo de propagação. A fibra multimodo é normalmente utilizada com um comprimento de onda de transmissão de 850 nm e a luz pode ser conduzida em vários modos de propagação.

Na fase da escolha da fibra ótica a ser utilizada, deve-se ter em conta dois fatores fundamentais que condicionam as condições de transmissão de informação: atenuação e a dispersão. A atenuação é um fator importante que determina a distância máxima a que a informação pode ser transmitida entre o recetor e o transmissor, uma vez que, quanto maior a distância maior será a atenuação do sinal [16], [19]. A Figura 3.1 representa a atenuação nas fibras óticas em função do comprimento de onda da luz utilizado.

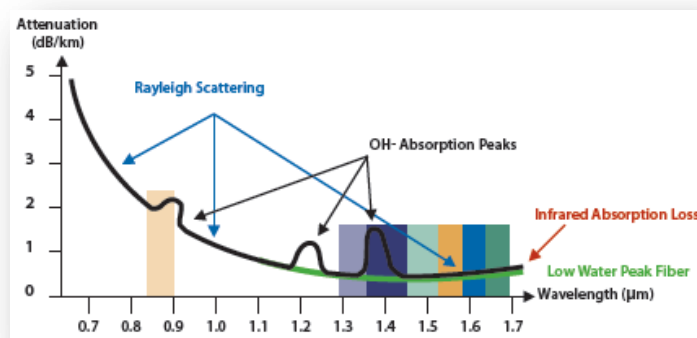


Figura 3.1 – Atenuação nas fibras óticas [16].

Ao analisar a Figura 3.1 pode verificar-se que a fibra monomodo, para comprimentos de onda de 1550 nm possui uma baixa atenuação relativamente aos outros comprimentos de onda. Por outro lado, a dispersão é um fenómeno que limita a largura de banda do sinal no interior da fibra, ou seja, determina o número de bits de informação que se podem transmitir num determinado período de tempo [16], [19]. A Figura 3.2 ilustra a dispersão nas fibras óticas em função do comprimento de onda de luz utilizado.

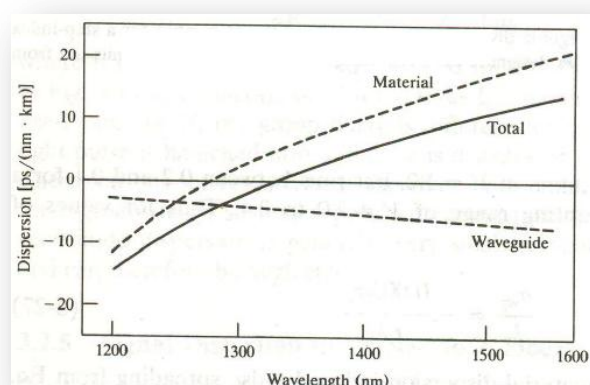


Figura 3.2 – Dispersão nas fibras óticas [20].

Ao analisar a Figura 3.2 verifica-se que o comprimento de onda de 1310 nm é o comprimento de onda que apresenta menor dispersão, daí ser um dos mais utilizados para a transmissão de dados.

Com base nas observações retiradas das Figuras 3.1 e 3.2, e tendo em conta a utilização que a EDP dá às fibras óticas (interligação de locais distanciados de dezenas de km) compreende-se a opção da escolha por fibras do tipo monomodo.

As fibras óticas possuem várias vantagens sobre outros meios de transmissão, nomeadamente [16]:

- ✓ O sinal pode ser enviado através de longas distâncias, cerca de 200 km, sem ter a necessidade de passar por um regenerador;
- ✓ Possuem uma elevada largura de banda;
- ✓ A transmissão não é sensível a perturbações eletromagnéticas;
- ✓ São muito leves e de pequenas dimensões;
- ✓ São fiáveis, muito flexíveis e não são sensíveis a vibrações;
- ✓ Possuem um tempo de vida de cerca de 25 anos;
- ✓ Preço relativamente baixo e não apetecível a atos de furtos.

No entanto, as fibras óticas são um material frágil e por consequência possuem uma baixa resistência à tração e são sensíveis a curvaturas [21].

### **3.1.1. Cabos de fibra ótica utilizados na EDP Distribuição**

Desde de 1995 que a EDP Distribuição utiliza as suas infraestruturas aéreas e subterrâneas para suportar a fibra ótica. Atualmente, na rede de distribuição nacional existem cerca de 7000 km de cabos de fibra ótica em operação [1], cujo esboço se apresenta na Figura 3.3.

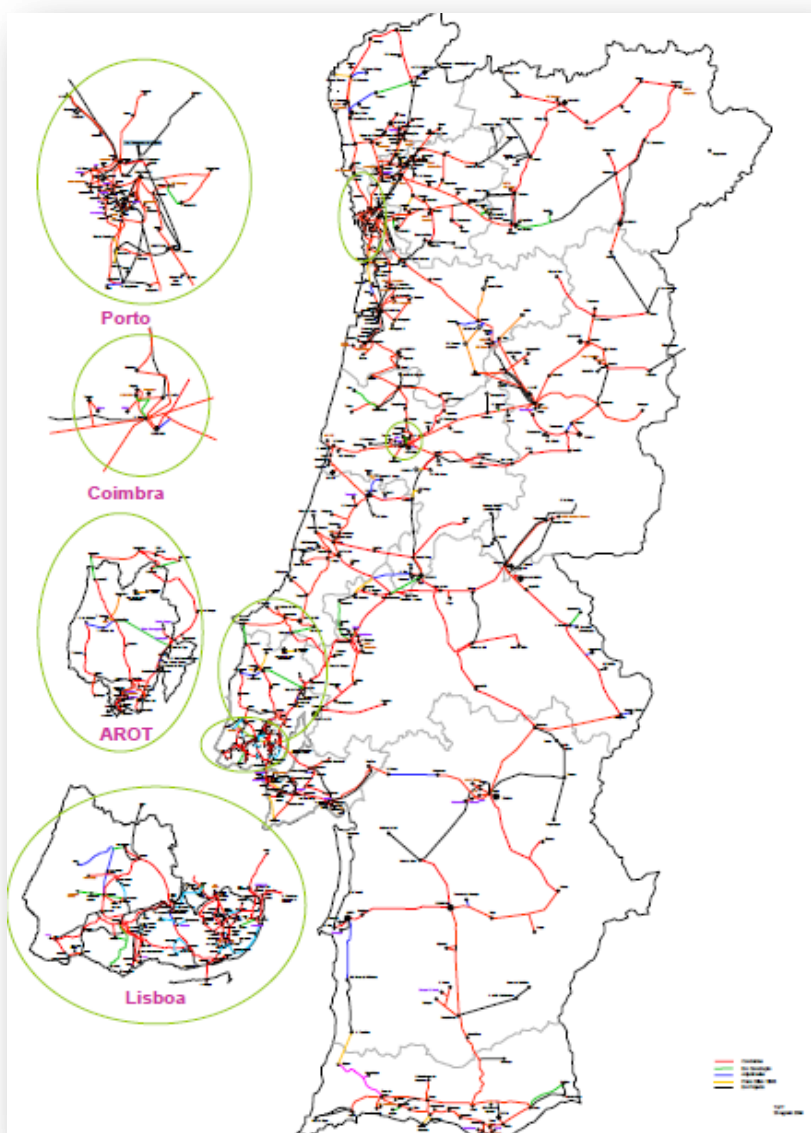


Figura 3.3 – Rede de Fibra Ótica em Portugal Continental [22].

A EDP Distribuição, para realizar a comunicação entre subestações e edifícios administrativos da empresa, utiliza fibra ótica colocada em cabos tipo: *Optical Power Ground Wire* (OPGW), *All Dielectric Self-Supported* (ADSS) e Dielétricos de Conduta. A escolha do tipo de cabo depende essencialmente das infraestruturas existentes entre os dois pontos a interligar. Por exemplo, caso tenham duas subestações ligadas por uma linha aérea de AT, para fazer a comunicação entre as duas subestações é necessário colocar um cabo de fibra ótica. O cabo de fibra ótica escolhido vai ser o tipo OPGW ou ADSS, consoante se possa ou não desligar essa linha para a instalação do cabo [22].



Como foi referido anteriormente, a fibra ótica é um material frágil, o que requer que os cabos de fibra ótica necessitem de cuidados especiais ao serem manuseados, nomeadamente, respeitar os raios mínimos de curvatura, verificar tensões máximas de trabalho admissível e identificar e proteger estes cabos de riscos indesejados [21].

#### 3.1.1.1. Cabo OPGW

O cabo tipo OPGW é um cabo de guarda das linhas aéreas de AT (60 kV) com elevada robustez mecânica e que contém fibras óticas incorporadas. A utilização deste cabo para além de ser a de um cabo de proteção (guarda) contra as descargas atmosféricas (garantido o escoamento das correntes de curto-circuito de forma eficaz) é também a de um meio de transmissão de informação de grande capacidade através da utilização da fibra ótica no seu interior [23]. A Figura 3.4 ilustra o posicionamento do cabo OPGW como cabo de guarda normal.

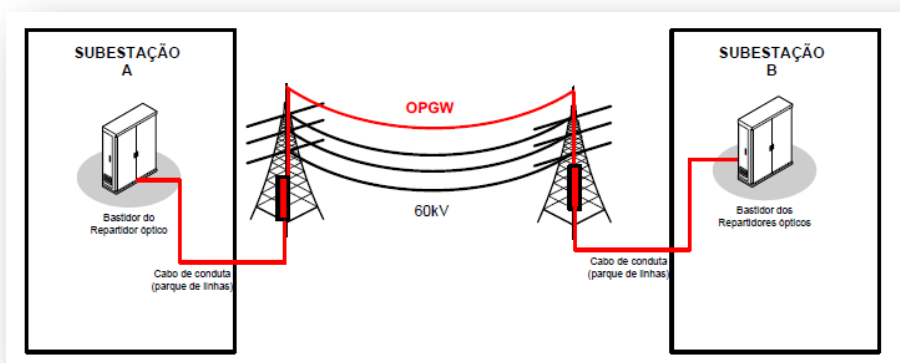


Figura 3.4 – Posicionamento do cabo OPGW [24].

A instalação do cabo OPGW deve ser realizada quando se constrói uma linha de AT de raiz ou quando algum cabo de guarda precisar de ser substituído. Uma vez que o cabo OPGW é normalmente mais pesado do que um cabo de guarda normal, deste modo, é necessário estudar a resistência mecânica dos apoios das linhas de distribuição [22].

O cabo OPGW baseia-se na constituição de um cabo de guarda tradicional, com a particularidade de um dos seus fios condutores ser substituído por um tubo de aço-inox oco

com 12, 24, 30 ou 48 fibras óticas no seu interior [23]. A Figura 3.5 representa o interior de um cabo OPGW.

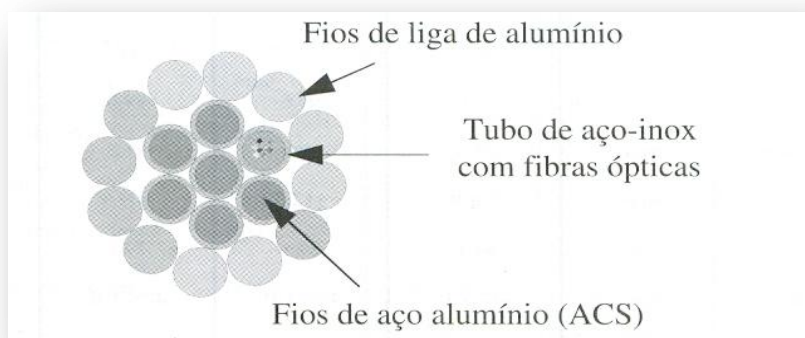


Figura 3.5 – Interior de um cabo OPGW [23].

Os cabos OPGW utilizados pela EDP Distribuição são cabos tipicamente contendo 24 ou 48 fibras óticas. Os principais fornecedores dos cabos OPGW para a EDP Distribuição são os grupos Cabelte, Quintas & Quintas, Corning e NKT [25].

#### 3.1.1.2. Cabo ADSS

O cabo tipo ADSS é um cabo ótico constituído na sua totalidade por materiais dielétricos e pode ser instalado de forma auto suportada. Como se trata de um cabo totalmente dielétrico, não se encontra sujeito a interferências eletromagnéticas. As Figuras 3.6 e 3.7 ilustram o aspeto e o corte longitudinal de um cabo ADSS, respetivamente.

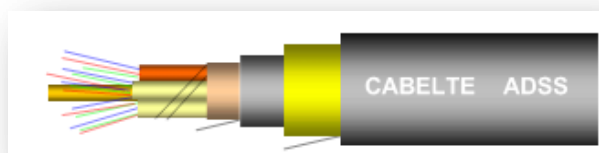


Figura 3.6 – Aspeto exterior de um cabo ADSS [26].

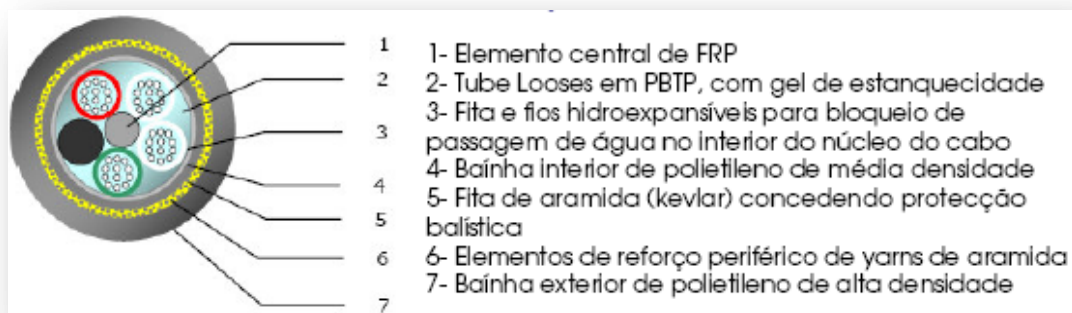


Figura 3.7 – Interior de um cabo ADSS [25].

Os cabos ADSS utilizados na EDP Distribuição são normalmente instalados ao longo das linhas de MT e AT e são fixados nos apoios de amarração e suspensão, abaixo dos cabos condutores de energia elétrica [22], como se encontra representado nas Figuras 3.8 a 3.10.

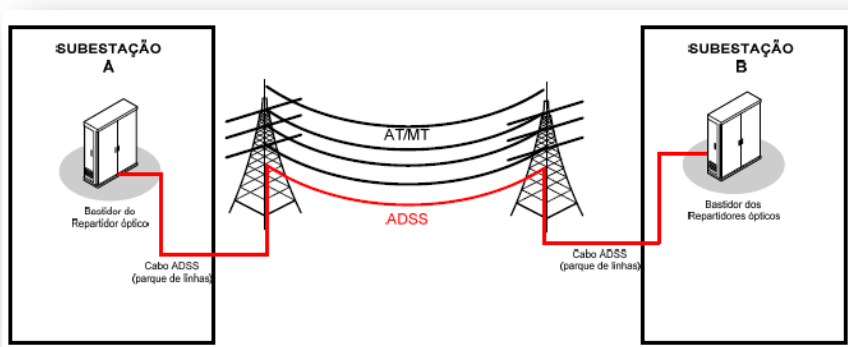


Figura 3.8 – Posicionamento do cabo ADSS em linhas AT e MT [24].



Figura 3.9 – Cabo ADSS num apoio de suspensão de MT [24].



Figura 3.10 – Cabo ADSS num apoio de amarração de AT [24].

A grande vantagem dos cabos ADSS em relação ao cabo OPGW é a possibilidade da sua instalação poder ser realizada em vizinhança de tensão, sem a necessidade de desligar a linha de transmissão elétrica [22]. No entanto, a instalação destes cabos deve ser realizada por técnicos especializados e de forma cuidadosa, uma vez que os mesmos terão que ser instalados na torre na posição ótima definida, de modo, a que se garanta a distância de segurança do cabo ADSS dos condutores de fase e de terra, a distância de segurança dos técnicos especializados e as distâncias regulamentares da altura do cabo de acordo com o meio envolvente [27].

A Figura 3.11 representa a distância que os técnicos especializados devem respeitar em função do nível de tensão da linha.

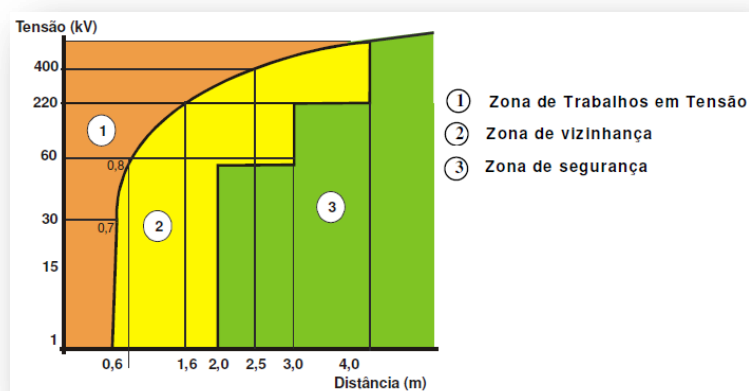


Figura 3.11– Possíveis zonas de trabalho dos técnicos [28].

Para além disso, é necessário ter em atenção o depósito de “poluição” na superfície do cabo ao longo do tempo em conjunto com a intensificação do campo elétrico por parte das peças metálicas que permitem fixar os cabos ADSS nos apoios. Estes dois fenómenos podem conduzir à degradação do cabo através da ocorrência de efeitos de coroa nos acessórios mecânicos e posteriormente por efeitos de *tracking* [29].

Os cabos ADSS utilizados pela EDP Distribuição são adequados para instalação em linhas com vãos máximos de 400, 600 ou 800 metros, com 24 ou 48 fibras. Os fornecedores típicos dos cabos ADSS para a EDP Distribuição são os grupos Cabelte e Quintas & Quintas (Samsung) [25].

### 3.1.1.3. Cabo dielétrico de conduta

O cabo dielétrico de conduta é o cabo que é utilizado, por um lado, para estender os cabos OPGW para o interior de uma subestação (onde o cabo OPGW, pelas suas características não pode entrar) e, por outro lado, também permite acompanhar as linhas subterrâneas de MT e AT a interligar subestações e edifícios da EDP [22]. Na Figura 3.12 encontra-se visível a posição de um cabo dielétrico de conduta numa linha de AT.

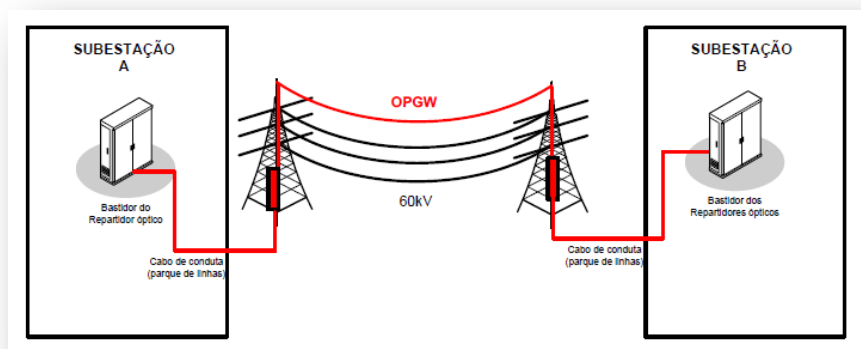


Figura 3.12 – Posicionamento do cabo dielétrico de conduta numa linha de AT [24].

Os cabos dielétricos de conduta possuem na sua generalidade, as características dos cabos ADSS, possuindo no entanto fibra de vidro de proteção contra os roedores em vez da aramida (camada de resistência e tração) [22]. A Figura 3.13 representa, o corte transversal de um cabo dielétrico de conduta.

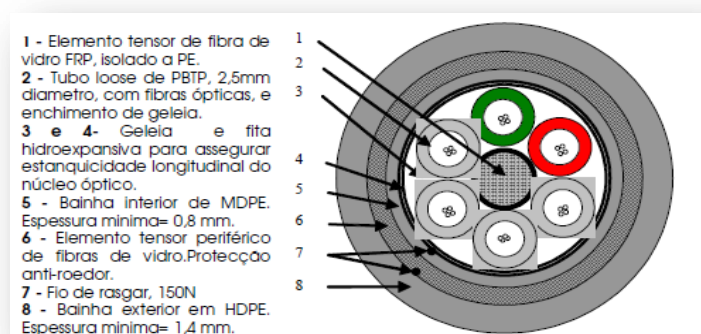


Figura 3.13 – Interior de um cabo dielétrico de conduta [25].

Os principais fornecedores dos cabos dielétricos de conduta para a EDP Distribuição são os grupos Cabelte, Quintas & Quintas, Alcatel e Pengg Kabel [25].

### 3.1.2. Ensaios sobre cabos de fibra ótica

Os ensaios em fibras óticas são importantes para conhecer o nível de adequação de um sistema de fibra ótica para o transporte de informação. Estes ensaios consistem em avaliar principalmente, a perda total de potência na ligação, a taxa de atenuação da fibra por unidade de comprimento e a contribuição de perdas em fusões, conetores e adaptadores [16], [30].

Os ensaios efetuados às ligações de fibra ótica implementadas permitem, por um lado, obter informação sobre a potência e a atenuação do sinal, de modo a saber se os valores adquiridos se encontram em conformidade com os pré-estabelecidos pelo fabricante e, por outro lado, adquirir documentação que possa servir de base para um futuro projeto, operação e manutenção da rede de telecomunicações [31].

Os cabos de fibra ótica submetem-se a dois tipos principais de ensaios, nomeadamente: ensaios de refletometria ótica e ensaios de atenuação total.

Os ensaios de refletometria ótica são realizados com recurso ao equipamento *Optical Time Domain Reflectometer* (OTDR) que permite enviar impulsos de luz para a fibra, para depois recolher informação de uma pequena fração dessa luz que é refletida na sua direção. Com a informação obtida, o OTDR permite elaborar um diagrama de potência ótica refletida em função da distância, como se encontra na Figura 3.14, e permite determinar a posição do

acontecimento refletivo a partir do tempo de impulso de luz e do valor da velocidade de propagação da luz na fibra [16], [30].

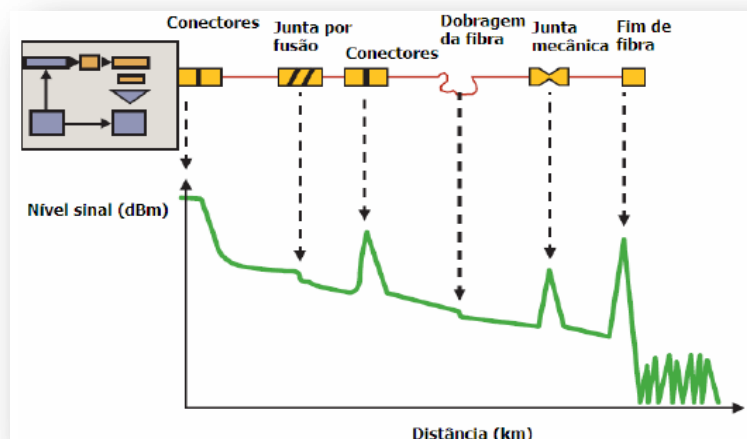


Figura 3.14 – Diagrama de potência óptica refletida em função da distância [32].

Os ensaios de atenuação total servem para conhecer a perda total na ligação e testar a continuidade do sinal ao longo da fibra. Este tipo de ensaios é realizado através da utilização de dois equipamentos que são a Fonte de Luz e o Medidor de Potência [31]. As Figuras 3.15 e 3.16 ilustram os equipamentos Fonte de Luz e Medidor de Potência.



Figura 3.15 – Fonte de Luz [30].



Figura 3.16 – Medidor de Potência [30].

O equipamento Fonte de Luz é colocado numa extremidade do cabo e utiliza um *Light Emitting Diode* (LED) ou um laser para emitir uma onda de luz que poderá servir para medir a atenuação na outra extremidade fazendo o uso de um Medidor de Potência, o qual utiliza um fotodiodo que permite medir o nível de sinal recebido [30].

### 3.2. Correntes Portadoras

As Correntes Portadoras em Linha (CPL) ou *Power Line Communications* (PLC) é uma tecnologia que aproveita as linhas da rede elétrica de AT e MT para fazer a transmissão de sinais de dados, vídeo e voz. Para garantir a separação funcional dos dois sistemas (elétrico e de comunicação), as frequências utilizadas são muito diferentes, utilizando-se para comunicação uma frequência entre 25 a 500 kHz [33] enquanto para o sinal elétrico de potência a frequência é de 50 Hz.

Uma ligação por correntes portadoras (Figura 3.17) é constituída por uma linha de AT, um equipamento terminal emissor/recetor e por um equipamento que permite fazer o acoplamento entre a linha de AT e a linha de AF [33].

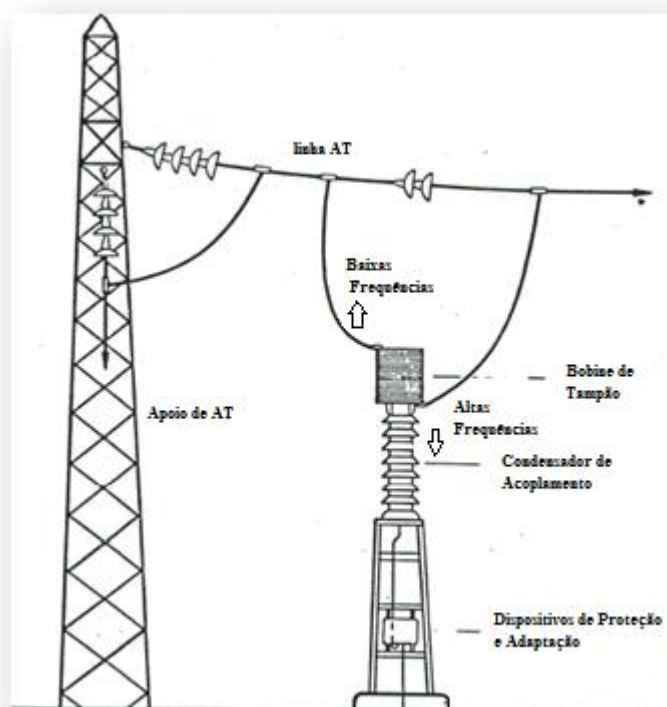


Figura 3.17 – Exemplo de montagem de uma ligação por correntes portadoras [33].



O equipamento que permite fazer o acoplamento entre a linha de AT e a linha de AF (Alta Frequência) deve ser isolado e deve possuir proteção contra descargas e efeitos transitórios. Assim, é necessário uma bobine de tampão, para impedir que os sinais de AF sejam derivados em direções indesejadas, um condensador de acoplamento que em conjunto com a bobine de tampão servem para sintonizar os sinais de AF presentes na linha para o acoplamento à linha de AT, e os dispositivos de proteção e adaptação que destinam-se a proteger e a melhorar a eficiência da ligação do sinal a ser transmitido à linha de AT, evitando interferências e ruídos. Apesar desta tecnologia, para grandes distâncias entre subestações não necessitar de repetidores e de aproveitar os meios já existentes para fazer a comunicação, no entanto, existem alguns fatores que limitam a sua aplicação nomeadamente, elevado nível de ruído, alta sensibilidade às condições atmosféricas, em especial à formação de gelo em torno dos condutores, presença de subestações intermédias implicando a necessidade da introdução de “by-pass”, possibilidade de “cross-talk” (linhas cruzadas entre sistemas individuais) e a presença de ramificações e transposição de fases [33].

Esta tecnologia por ser económica e fiável, anteriormente, servia para fazer o telecomando de subestações. Contudo, com a evolução dos meios de transmissão e da necessidade de uma maior largura de banda, outras tecnologias, nomeadamente a fibra ótica e as comunicações rádio microondas tornaram-se mais vantajosas. Com esta evolução, a EDP Distribuição deixou de utilizar as correntes portadoras na maior parte da rede de AT e MT, exceto nas ligações entre as subestações Rio Meão – Acail e entre Venda Nova- Sertã [22].

### 3.3. Propagação Radioelétrica

As ondas de rádio são uma forma de radiação eletromagnética invisível e o seu comprimento de onda varia desde 1 mm a 100 km, o que é equivalente, em termos de frequência, a 3 kHz a 300 GHz. Assim, as ondas rádio possuem um leque de frequências que são divididas em faixas ou bandas consoante o modo de propagação e o tipo de utilização [34]. A Figura 3.18 ilustra as faixas de frequências das ondas rádio utilizadas em sistemas de comunicação.

FAIXA DE FREQUÊNCIA	DESIGNAÇÃO TÉCNICA	DESIGNAÇÃO LEIGA	EXEMPLOS DE UTILIZAÇÃO
300 Hz a 3000 Hz	E.L.F.	Ondas Extremamente Longas	Comunicação para submarinos, para escavações de minas etc.
3 KHz a 30 KHz	V.L.F.	Ondas Muito Longas	
30 KHz a 300 KHz	L.F.	Ondas Longas	Auxílio à navegação aérea, serviços marítimos, radiodifusão local.
300 KHz a 3000 KHz	M.F.	Ondas Médias	
3 MHz a 30 MHz	H.F.	Ondas Tropicais Ondas Curtas	Radiodifusão local e distante, serviços marítimos (Estações Costeiras).
30 MHz a 300 MHz	V.H.F.		Transmissão de TV, sistemas comerciais e particulares de comunicação, serviços de segurança pública (polícia, bombeiros etc).
300 MHz a 3000 MHz	U.H.F.		
3 GHz a 30 GHz	S.H.F.	MICROONDAS	Comunicação pública à longa distância: sistemas interurbanos e internacional em radiovisibilidade, tropodifusão e satélite.
30 GHz a 300 GHz	E.H.F.		

Figura 3.18 – Gama de frequências das ondas rádio [35].

As ondas rádio são frequentemente utilizadas para telecomunicações, nomeadamente, em ligações ponto-a-ponto a longa distância, ligações fixas com áreas inacessíveis e ligações móveis, aéreas e marítimas [34].

As ondas rádio quando comparadas com cabos possuem diversas vantagens, nomeadamente, permitem ligações com locais isolados e de difícil acesso, os equipamentos utilizados podem ser transportáveis, a construção de uma ligação rádio é rápida e provém de infraestruturas de engenharia civil que já existem e os investimentos são independentes da distância, exceto quando são necessárias estações de retransmissão [34].

Na EDP Distribuição apenas são utilizadas dois tipos de comunicações via rádio, ligações rádio microondas e rádio VHF (*Very High Frequency*).

É importante referir o facto da utilização de ondas rádio depender inteiramente da Autoridade Nacional de Comunicações (ANACOM), esta entidade externa permite a atribuição de canais

de operação, por consequência, limita o número de canais disponíveis para a transmissão de comunicação [22].

### 3.3.1. Ligações rádio microondas

As ligações em microondas ocupam a faixa mais alta de frequência cerca de 250 MHz a 22 GHz e por isso têm a capacidade de transmitir grandes quantidades de informação. As ligações em microondas podem transmitir conversas telefônicas, programas de televisão e dados [34].

Este tipo de ligações é utilizado para redes de telecomunicações de longas distâncias, contudo, requer visibilidade direta entre as antenas emissora e recetora, por isso é necessário ter atenção a árvores e edifícios, entre outros obstáculos.

A EDP Distribuição utiliza as ligações rádio microondas em torno da frequência de 1,4 GHz, em ligações ponto a ponto, para voz, acesso remoto a equipamentos, supervisão de parques eólicos e para telecomando de rede de MT e de subestações [22].

As Figuras 3.19 e 3.20 representam as duas formas diferentes que a EDP Distribuição utiliza para realizar as ligações microondas.

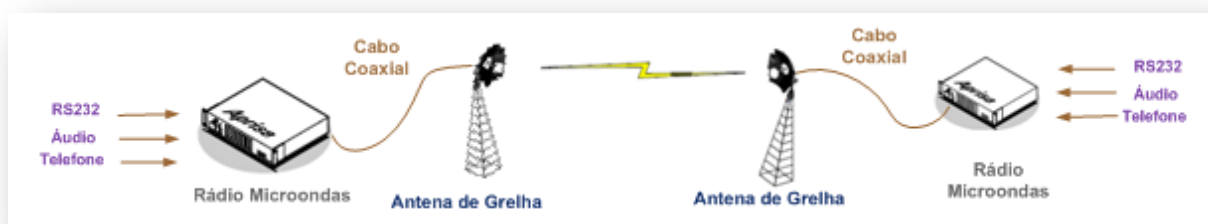


Figura 3.19 – Ligação direta entre rádios microondas.



Figura 3.20 – Ligação entre rádios microondas com auxílio de equipamentos PDH.

A diferença das duas ligações microondas, encontradas nas Figuras 3.19 e 3.20 consiste no interface RDIS (Rede Digital Integrada de Serviços), uma vez que para fazer a supervisão dos parques eólicos é necessário este interface e o rádio microondas não o disponibiliza. Deste modo, cada vez que é necessário o interface RDIS coloca-se um equipamento PDH (*Plesiochronous Digital Hierarchy*) [22].

O Rádio Microondas trata-se de um dispositivo cuja sua função é receber dados e transmiti-los por via microondas.

A EDP Distribuição no território continental possui cerca de 80 ligações microondas, o que implica ter no total cerca de 160 equipamentos. As antenas utilizadas são as antenas parabólicas de grelha, uma vez que para distâncias longas é necessário utilizar antenas de alto ganho [22].

As antenas de grelha para além de possuírem um ganho entre os 19 dBi e os 22 dBi, possuem uma grelha metálica que evita que a antena seja balanceada pelo vento, saindo da sua posição ideal. Os fornecedores das antenas parabólicas de grelha para a EDP Distribuição são a RFS e a Andrew.

### 3.3.2. Rádio VHF

A faixa das comunicações em rádio VHF está entre os 30 e os 300 MHz e é ideal para comunicações terrestres de curto alcance [35].

A EDP Distribuição utiliza as comunicações em rádio VHF para fonia (comunicações de voz para operacionais no terreno) e para telecomando da rede de MT. Trata-se de uma rede que usa canais de 12.5 kHz de largura na banda de frequências de 80 MHz, suportando um débito de 1200 bps para transmissão de informação proveniente do telecomando de Média Tensão. Tipicamente é feita uma cobertura radioelétrica de uma área abrangente [22].

A rede VHF da EDP Distribuição é constituída por várias estações fixas que dirigem o sinal para estações repetidoras localizadas em locais estratégicos e que por sua vez, repetem o sinal, irradiando-o para estações móveis (veículos), fixas e portáteis espalhados na sua zona de cobertura.

É importante referir que, cada subsistema da rede VHF opera nas mesmas frequências de receção e transmissão (*half-duplex*). A EDP Distribuição no território continental possui cerca de 50 estações repetidoras. As antenas utilizadas pela EDP Distribuição na rede VHF são antenas YaGi e omnidireccionais. Um dos fornecedores de referência das antenas utilizada na EDP Distribuição é a PROCOM. Na Figura 3.21 apresenta-se um diagrama das comunicações por via rádio VHF, para o serviço de fonia.

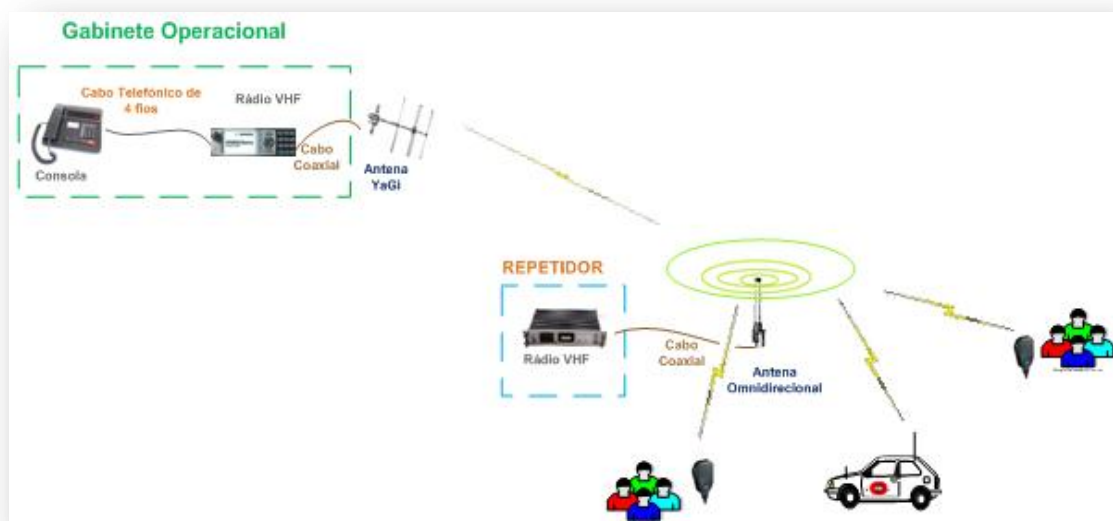


Figura 3.21 – Rede Fonia.

### 3.4. Hierarquia Digital Plesiócrona - PDH

A palavra Plesiócrona é originada do grego *plesio*, que significa quase, e *chronos*, que significa relógio. A tradução perfeita para esta palavra seria “quase síncrona” [36].

Na altura em que o Físico Escocês Alexander Graham Bell inventou o telefone, a transmissão do sinal de voz era analógica, o que implicava a transmissão completa do sinal. Apenas a partir dos anos 20, surgiu a digitalização de voz, pois Harry Nyquist comprovou que um sinal para ser transmitido com fidelidade (“clareza”), necessitava de uma taxa de amostragem igual a duas vezes a componente de maior frequência do sinal analógico [37].

Como o canal de voz se encontra limitado entre 0 a 4 kHz, era suficiente enviar apenas 8000 amostras/segundo em intervalos regulares. As amostras retiradas do sinal são rotuladas para 8 bits, este processo de codificação é conhecido como PCM (*Pulse Code Modulation*).

Como são feitas 8000 amostras/segundo e cada uma é rotulada com 8 bits, significa que a digitalização da voz humana é uma sequência de 64 kbps [38].

Após esta descoberta, os engenheiros perceberam que era possível juntar vários sinais digitais PCM provenientes de várias conversas telefônicas em um único sinal PCM através da técnica de *Multiplexing* por Divisão de Tempo (TDM) [37].

A TDM permite recolher de cada canal inserido no *multiplexer time-slots*. Após esta recolha, o sinal único de saída irá conter os sinais amostrados entrelaçados como se encontra representado na Figura 3.22.

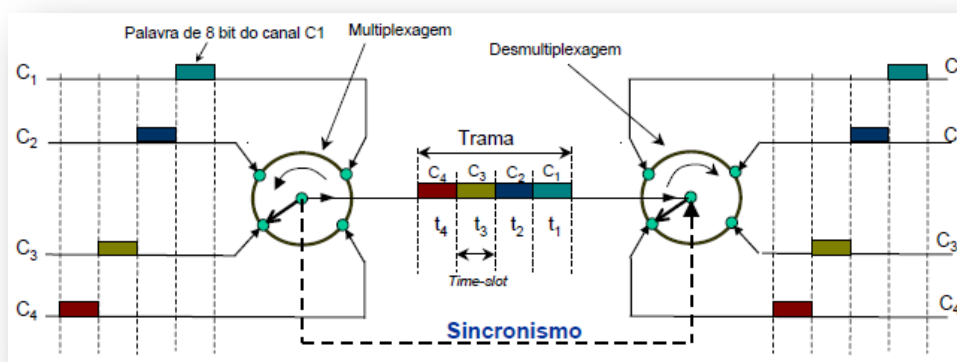


Figura 3.22 – Obtenção do sinal com múltiplos canais de entrada [39].

Com o objetivo de aumentar a capacidade dos meios de transmissão, o equipamento tem sido desenvolvido com base na técnica PCM. Na Europa, o sistema usado é o PCM 30. A Figura 3.23 ilustra o sistema PCM 30 [40].

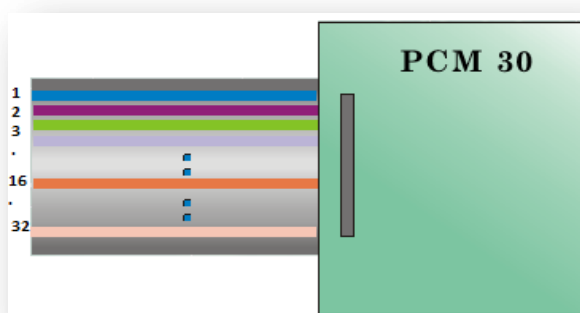


Figura 3.23 – Sistema PCM 30 [40].

O PCM 30 é constituído por 30 canais de voz e 2 canais de serviço, cada um com uma taxa de velocidade de transmissão de 64 kbit/s. Estes canais vão ser multiplexados para um sinal de 2.048 kbit/s.

A esta *multiplexing* de 32 canais de 64 kbit/s designa-se por E1 e encontra-se representada na Figura 3.24.

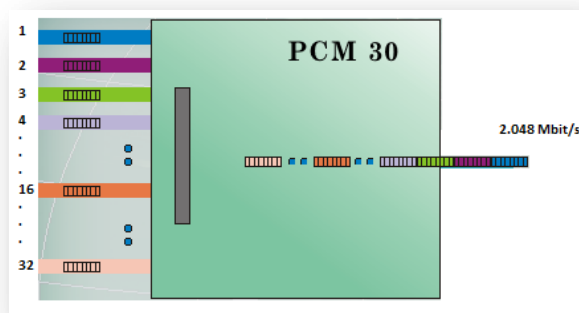


Figura 3.24 – Obtenção do sinal com 32 canais de entrada [40].

Como a procura de serviços foi crescendo, E1 seria insuficiente para escoar todo o tráfego entre as centrais telefónicas. Deste modo surgiram, multiplexers de ordem superior como se encontra ilustrado na Figura 3.25.

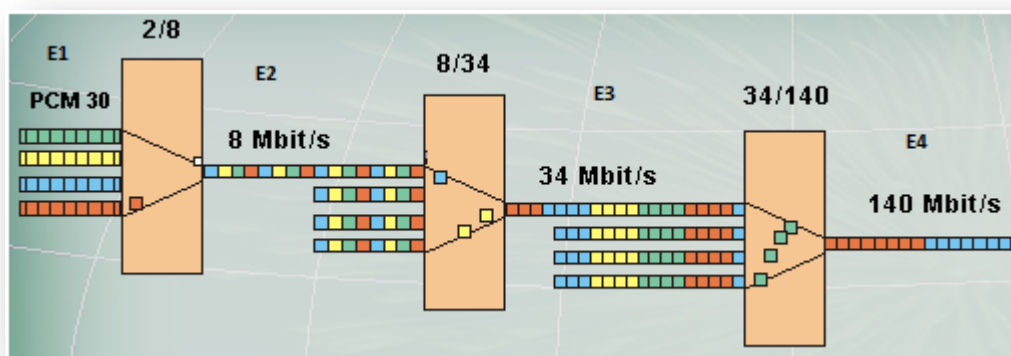


Figura 3.25 – Hierarquia Plesiócrona [40].

Para se obter canais de hierarquia de segunda ordem, E2, utilizam-se quatro sinais PCM 30, com uma taxa de 2048 kbit/s cada, e são multiplexados para um sinal com uma taxa de 8448 kbit/s. Para hierarquias de ordem superior, repete-se o mesmo processo.

Esta tecnologia possibilita que o número de sistemas diminua para um pequeno conjunto e por outro lado, pode ser utilizada em sistemas de transmissão de alto débito, como é o caso das fibras óticas. No entanto, a tecnologia PDH é uma tecnologia difícil e cara em termos de compatibilização entre diferentes hierarquias de transmissão, uma vez que para retirar um sinal de nível inferior é necessário realizar a desmultiplexação total de um sinal tributário e não existem normas definidas para transmissão ótica dos sinais, ou seja, um equipamento ótico de um fabricante poderá não comunicar com outro equipamento de fabricante diferente [40].

#### 3.4.1. Equipamento PDH

Na EDP Distribuição, o equipamento PDH é utilizado para troca de diversos tipos de informação entre as várias subestações e edifícios administrativos/operacionais que se encontram interligados através de uma ligação ótica [22]. Este equipamento é um multiplexer que permite codificar as informações de várias fontes num único canal e que por sua vez é enviado sobre um meio de transmissão.

Os fornecedores típicos do equipamento PDH na EDP Distribuição são a EFACEC e a ALCATEL. O multiplexer da EFACEC designa-se por MUX2000 enquanto, o multiplexer da ALCATEL se designa por 1511 BA.

Um sistema multiplexer é constituído tipicamente por [41], [42], [43]:

- ✓ Cartas de alimentação;
- ✓ Cartas de processamento;
- ✓ Cartas de multiplexagem de primeira ordem e de ordem superior;
- ✓ Cartas tributárias (dados, áudio e RDIS);
- ✓ Cartas de interface de linha;
- ✓ Cartas que permitem o cruzamento de *time-slots* entre feixes E1.

Estas cartas em conjunto permitem fornecer serviços de voz, vídeo e dados e são instaladas numa base modular constituída por *subrack* e *backplane*. As Figuras 3.26 e 3.27 ilustram respetivamente, os *subracks* da EFACEC e da ALCATEL.



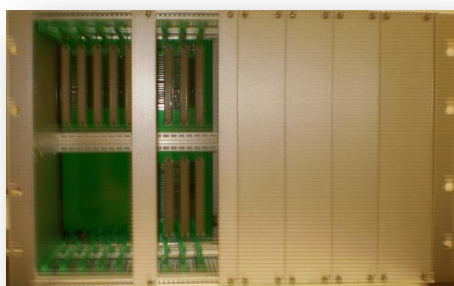


Figura 3.26 – *Subrack 19''* da EFACEC. Figura 3.27 – *Subrack 19''* da ALCATEL [43].

Um *subrack* (estrutura) da EFACEC pode suportar até 2 *backplanes* (encaixe traseiro) enquanto o da ALCATEL só suporta 1 *backplane*. Um *backplane* da EFACEC pode suportar 9 cartas enquanto o da ALCATEL suporta 17 cartas.

Cada carta do multiplexer deve ser instalada em posições definidas consoante o *subrack* utilizado. Nas Figuras 3.28 e 3.29 encontram-se representadas as posições das cartas nos *subrack's 19''* da EFACEC e da ALCATEL.

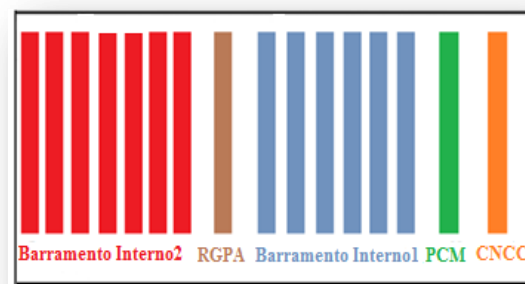
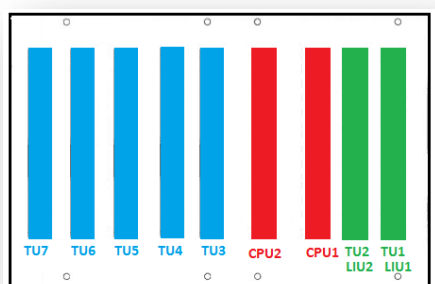


Figura 3.28 – Cartas no *Subrack 19''* da Efacec. Figura 3.29 – Cartas no *Subrack 19''* da Alcatel.

#### 3.4.1.1. Cartas de alimentação

O subrack de qualquer fabricante é alimentado a - 48V com o positivo na massa a partir de uma *Transmit Receive Unit* (TRU). No entanto, os dispositivos eletrónicos que constituem as cartas do equipamento PDH necessitam de uma tensão mais reduzida (por ex. 5V ou 2V).

Cada carta do equipamento MUX2000 da EFACEC possui incorporado um conversor DC/DC que permite reduzir a tensão do *subrack* para a tensão de funcionamento dos dispositivos eletrónicos. Por outro lado, as cartas do equipamento 1511 BA da ALCATEL não possuem

nenhum conversor DC/DC incorporado por isso, é necessário colocar no *subrack*, uma carta de alimentação denominada por RGPA. A carta RGPA para além de possuir um conversor de 48V/5V que permite alimentar todas as cartas do *subrack*, possui um gerador de corrente de chamar de 25 Hz que permite completar as funções das cartas do interface de áudio de assinante. Deste modo, ao possuir esta vantagem acrescida, comparando com o equipamento da EFACEC, esta carta permite realizar todas as funções da carta MIMIC. A Figura 3.30 ilustra a carta RGPA da ALCATEL.



Figura 3.30 – Carta RGPA da ALCATEL [43].

#### 3.4.1.2. Cartas de processamento, multiplexagem de primeira ordem e conferência

A marca EFACEC possui uma carta, denominada por CPU2000, que fica responsável por todo o processamento e gestão do sistema e que permite multiplexar os sinais provenientes nas cartas tributárias em feixes E1. Além disso, esta carta permite comunicações ponto-multiponto. Comparando com a marca ALCATEL, pode-se generalizar que a carta CPU2000 possui as funções de três cartas, mais concretamente a CNCC, PCM e CBRA.

A carta *Common Network Controller Circuit* (CNCC) é responsável pelo processamento e gestão do sistema, a carta PCM2BIS é um multiplexer que permite o interface entre o feixe E1 e as cartas tributárias ligadas ao barramento interno. A carta CBRA por seu lado, permite comunicações ponto-multiponto, ou seja, permite fazer conferências de um para n elementos, utilizando qualquer interface (áudio, RS232, entre outros). As Figuras 3.31 a 3.34 mostram as cartas CPU2000, PCM2BIS, CNCC e CBRA.



Figura 3.31–Carta CPU2000 da EFACEC. Figura 3.32– Carta PCM2BIS da ALCATEL [43].

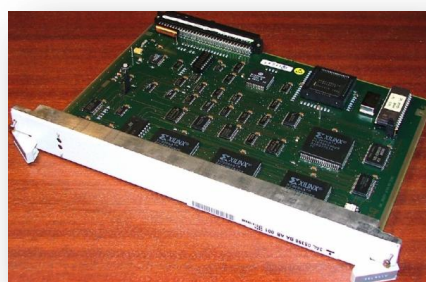


Figura 3.33–Carta CNCC da ALCATEL [43]. Figura 3.34 – Carta CBRA da ALCATEL [43].

#### 3.4.1.3. Cartas tributárias de dados

Para comunicações de dados disponibilizados em interface RS232 e G703, a EDP distribuição, utiliza no equipamento PDH da EFACEC as cartas de dados RSMIC e a COMIC e, no equipamento PDH da ALCATEL, as cartas de dados RAC e 64kbit/s – G 703.

A carta RSMIC permite a transmissão e a receção no máximo de 8 interfaces RS232 enquanto que a carta RAC disponibiliza apenas 4 interfaces RS232.

Estas cartas permitem a partilha de um *time-slot* por várias interfaces, pois cada interface pode ocupar no mínimo 1 bit e no máximo 8 bits consoante a velocidade utilizada. No entanto, na EDP Distribuição, não se utiliza a divisão de um *time-slot* por várias interfaces, isto é, cada interface é configurada, através de um utilizador, apenas para um determinado *time-slot*. A Figura 3.35 ilustra a carta RAC da ALCATEL.



Figura 3.35 – Carta RAC da ALCATEL [43].

A carta COMIC disponibiliza 8 interfaces de 64 kbit/s – G.703 enquanto que a carta 64kbit/s – G.703 é uma carta tributária com 5 interfaces de 64 kbit/s. A transmissão dos dados em ambas as cartas é efetuada de forma co-direcional, pois o sincronismo e o envio de dados são feitos no mesmo sentido, já que o sincronismo segue misturado com o próprio sinal de transmissão. A Figura 3.36 representa a carta 64kbit/s – G.703.



Figura 3.36 – Carta 64 kbit/s – G.703 da ALCATEL [43].

#### 3.4.1.4. Cartas tributárias de interface telefónico

A EDP distribuição, no equipamento PDH da EFACEC utiliza as cartas de interface telefónico EAMIC, AEMIC e MIMIC e no equipamento PDH da ALCATEL utiliza as cartas SPCM – E3 e SPCM-S4.

As cartas EAMIC e SPCM-E3 são instaladas respetivamente no lado da estação (PPCA). A carta EAMIC disponibiliza 6 interfaces a 2 fios enquanto a carta SPCM-E3 disponibiliza 5 interfaces a 2 fios. Os interfaces a 2 fios servem para suportar telefones, *fax* e *modems*. Estas cartas efetuam a deteção da corrente de chamar enviada pelo comutador de estação e a

condição de estabelecimento de serviço, vinda da unidade de assinante remota. A atribuição das interfaces aos *time-slots* no feixe E1 na carta EAMIC é efetuada aos pares  $n$  e  $n+16$ . A Figura 3.37 ilustra a carta EAMIC da EFACEC.



Figura 3.37 – Carta EAMIC da EFACEC.

As cartas AEMIC e SPCM-S4 encontram-se no lado do assinante e permitem efetuar o interface com o telefone do utilizador. A carta AEMIC disponibiliza 6 interfaces a 2 fios enquanto a carta SPCM-S4 disponibiliza 10 interfaces a 2 fios.

A carta AEMIC, com a ajuda da carta MIMIC, completa as suas funções, enquanto a carta SPCM-S4 utiliza a carta RGPA para completar as suas funções.

Tal como na EAMIC, a configuração dos interfaces da AEMIC aos *time-slots* é feita do mesmo modo. As Figuras 3.38 e 3.39 ilustram as cartas AEMIC e SPCM-S4 respetivamente.

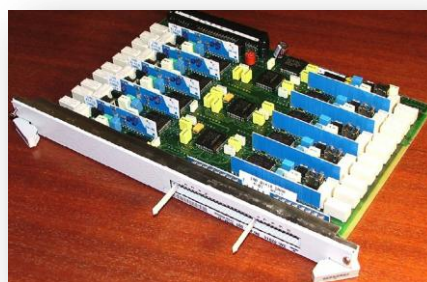


Figura 3.38– Carta AEMIC da EFACEC. Figura 3.39– Carta SPCM-S4 da ALCATEL [43].

A carta MIMIC tem a capacidade de fornecer às cartas AEMIC o sinal de corrente de chamar para 30 interfaces. Este sinal de corrente de chamar é fornecido pelas cartas EAMIC no lado da estação.



#### 3.4.1.5. Cartas tributárias de interface de áudio

A EDP Distribuição, no equipamento PDH da EFACEC, utiliza a carta de áudio CAMIC e no equipamento PDH da ALCATEL a carta 2/4 W Áudio.

A carta CAMIC da Efacec disponibiliza 10 interfaces analógicas a 2 ou 4 fios (600  $\Omega$ ) programáveis com sinalização enquanto a carta 2/4 W Áudio da Alcatel disponibiliza 15 canais de áudio com sinalização. A Figura 3.40 ilustra, a carta 2/4 W Áudio.



Figura 3.40 – Carta 2/4 W Áudio da ALCATEL [43].

#### 3.4.1.6. Cartas tributárias RDIS

A EDP distribuição no equipamento PDH da EFACEC utiliza as cartas RDIS UA2BQ e UE2BQ e no equipamento PDH da ALCATEL utiliza a carta ISDN, para disponibilizar interfaces RDIS.

As cartas UA2BQ e UE2BQ disponibilizam 5 interfaces RDIS “U”. A carta UA2BQ disponibiliza os interfaces para o assinante enquanto os interfaces da carta UE2BQ permitem a interligação a centrais de comutação.

A carta UE2BQ é utilizada em ligações ponto-a-ponto para fornecer acessos básicos, em que no equipamento remoto se encontram as cartas UA2BQ.

O interface U é constituído por 2 canais B de 64 kbit/s e um canal D de 16 kbit/s e permite que num único meio físico ter diferentes canais através da técnica TDM. O canal B serve para transportar informações do usuário enquanto o canal D transporta a sinalização do utilizador - rede. Cada interface U utiliza 3 *time-slots*, dois para os canais de dados B1 e B2 e um para o canal D (16 kbit/s) e canal de comunicação entre as unidades de estação e de assinante.

A carta ISDN da ALCATEL disponibiliza 5 interfaces RDIS “U” e disponibiliza alimentação para o equipamento terminal RDIS. A Figura 3.41 ilustra a carta ISDN.



Figura 3.41 – Carta ISDN da ALCATEL [43].

#### 3.4.1.7. Cartas de interface de linhas

A EDP distribuição no equipamento PDH da EFACEC utiliza as cartas de interface de linha LIU2000SO, LIU2000E e LIU2000RE e no equipamento PDH da ALCATEL utiliza as cartas 1521 FL.

A carta LIU2000SO da EFACEC permite a transmissão do feixe E1 sobre fibra ótica monomodo, no entanto, também possui um interface elétrico, o que permite que possa ser utilizado como conversor eletro-ótico.

A carta 1521 FL da ALCATEL é uma carta eletro-ótica e disponibiliza interfaces elétricos a 4 x E1. A Figura 3.42 ilustra a carta 1521 FL.



Figura 3.42 – Carta 1521 FL da ALCATEL [43].

A carta LIU2000E permite a transmissão de um feixe E1 sobre cabo coaxial. A Figura 3.43 representa a carta LIU2000E.



Figura 3.43 – Carta LIU2000E da EFACEC.

A carta LIU2000RE permite a transmissão de dois feixes E1 sobre cabo coaxial o que permite criar redundância de transmissão. A Figura 3.44 ilustra a carta LIU2000RE.



Figura 3.44 – Carta LIU2000RE da EFACEC.

#### 3.4.1.8. Cartas de multiplexagem de ordem superior

A carta MUX4E1SO da EFACEC permite multiplexar 4 feixes E1 elétricos e transmitir sobre fibra monomodo. A Figura 3.45 mostra a carta MUX4E1SO.



Figura 3.45 – Carta MUX4E1SO da EFACEC.



#### 3.4.1.9. Cartas de cruzamento de *time-slots* entre feixes E1

A carta CCMIC permite cruzar *time-slots* entre os 6 feixes E1 que processa. A Figura 3.46 ilustra a carta CCMIC.



Figura 3.46 – Carta CCMIC da EFACEC.

#### 3.4.2. Gestão do equipamento PDH

As cartas que constituem o PDH suportam gestão remota, ou seja, a partir de um computador central pode ser feita a gestão (monitorização, supervisão, configuração) de toda a rede PDH. Isto só é possível através da instalação de um programa de gestão no computador do DAT [22].

##### 3.4.2.1. Equipamento PDH da EFACEC

No caso do equipamento PDH da EFACEC o programa instalado denomina-se por *Integrated Network Operations Support System* (INOSS).

O INOSS é constituído por uma plataforma de gestão que permite configurar, operar e monitorizar todos os elementos da rede de uma forma integrada. Deste modo, se por alguma razão, uma carta de um determinado PDH sofrer uma anomalia, essa carta, através de um *time-slot* pré-definido para a gestão, envia um alarme para o programa de gestão INOSS no DAT [22].

A gestão local entre o computador e a CPU2000 é efetuada através de um cabo Ethernet que se encontra ligado à porta Ethernet da CPU2000. Estes dois equipamentos necessitam de ser colocados na mesma sub-rede IP.

A gestão só é realizada se cada equipamento PDH (CPU2000) possuir um endereço IP e se cada porta de interligação da CPU2000 (*gateway*) também possuir um endereço IP. Assim, para estabelecer um canal de comunicação que leva a gestão de um equipamento PDH A para um equipamento PDH B é necessário configurar no INOSS, os intervalos de tempo associados à gestão, endereço IP local e o endereço IP remoto das portas Ethernet dos equipamentos PDH A e B.

#### **3.4.3. Interligação entre dois equipamentos PDH da Efacec**

A Figura 3.47 ilustra uma possível ligação entre dois equipamentos da marca Efacec.

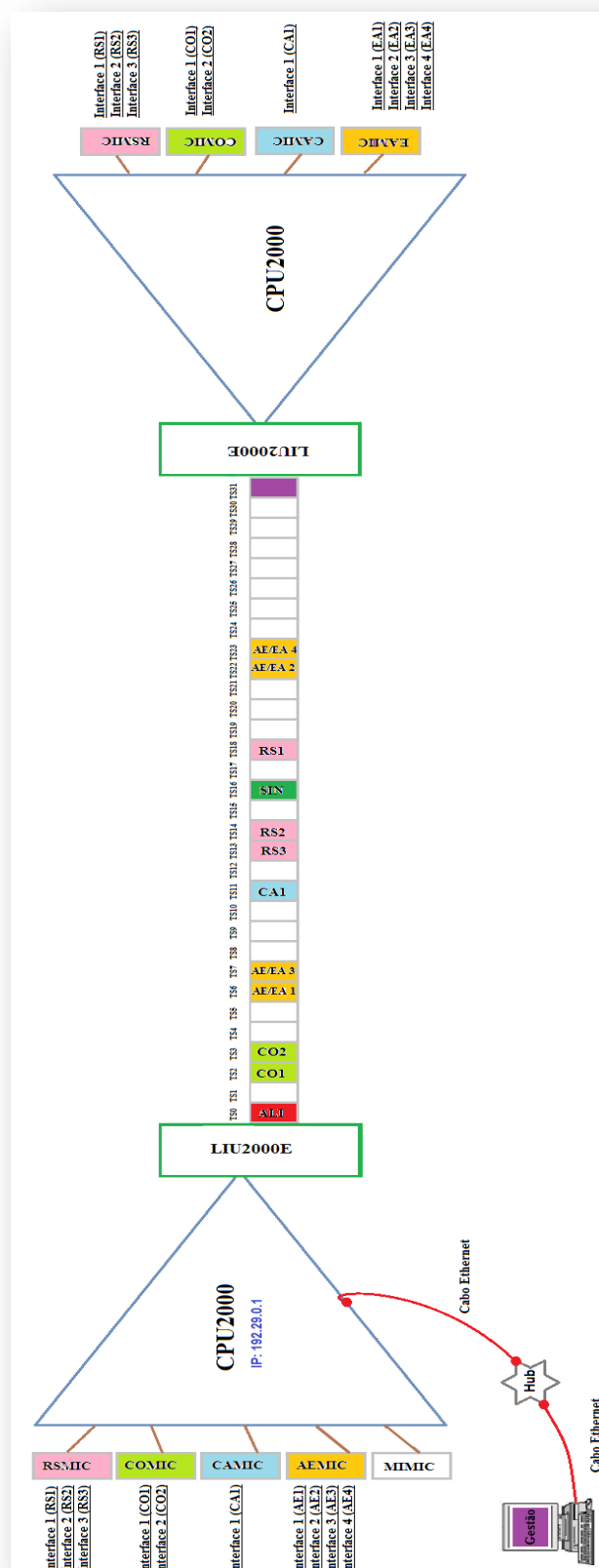


Figura 3.47 – Ligação entre dois equipamentos PDH da Efacec.

### 3.5. Hierarquia Digital Síncrona – SDH

A tecnologia SDH (*Synchronous Digital Hierarchy*) surgiu com o aparecimento de novos serviços de telecomunicações e com a necessidade de satisfazer as exigências do mercado atual, uma vez que utiliza uma *multiplexing* TDM com altas taxas de bits [40], sendo o meio de transmissão utilizado entre equipamentos, preferencialmente, a fibra ótica [22].

A tecnologia SDH possui um elevado grau de flexibilidade para transportar diferentes tipos de hierarquias digitais que permite ter interfaces compatíveis entre o padrão PDH e o padrão SDH. [40] Na Figura 3.48 pode-se observar um esboço de uma rede de telecomunicações onde as redes de acesso (PDH) utilizam a rede de transporte (SDH) para comunicar entre si [40].

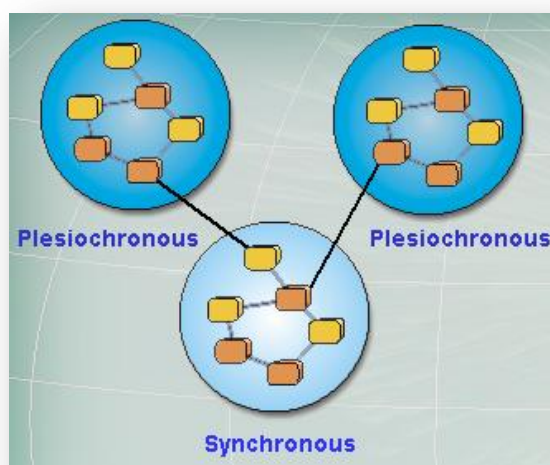


Figura 3.48 – Rede SDH incorporando redes PDH [40].

A tecnologia SDH, para além de fazer o transporte de sinais, quer eles resultantes do PDH ou de SDH, consegue combater as desvantagens da tecnologia PDH. Por exemplo, possui fácil acesso a cada tributário e consequentemente a um sinal único e por outro lado consegue que equipamentos de vários fornecedores sejam compatíveis no mesmo período de tempo.

A tecnologia SDH veio permitir, por um lado, possuir canais de serviço e de supervisão de grande capacidade, permitindo controlar e gerir as redes remotamente e, por outro lado, permitiu obter a visibilidade de todos os tributários da rede [40].

Uma das outras grandes vantagens das redes SDH é a sua capacidade de implementação de redundância automática em caso de falha de equipamentos/interligações, o que lhe confere características de elevada disponibilidade e resiliência [22].

As velocidades de transmissão e os níveis correspondentes normalizadas para a tecnologia SDH são apresentados na Tabela 3.1. A taxa básica de referência corresponde ao sinal transportado pelo STM-1.

Tabela 3.1- Níveis e velocidades de transmissão da tecnologia SDH [40].

Níveis	Velocidade de transmissão (Mbps)
<b>STM-1</b>	155.520
<b>STM-4</b>	622.080
<b>STM-16</b>	2488.320
<b>STM-64</b>	9935.280

Para a formação de uma *frame* SDH, a *multiplexing* resulta através do entrelaçamento de *bytes*, ao contrário do que acontece no PDH. Este entrelaçamento a nível de *byte* e a duração da *frame*, para qualquer nível hierárquico é de 125µs.

O STM-1 corresponde à *frame* básica e encontra-se organizada com 9 conjuntos de 270 *bytes*. Cada um destes blocos de 270 *bytes* é constituído por 9 *bytes* de cabeçalho e de 261 *bytes* que permitem fazer o transporte de informação, como se encontra visível através da Figura 3.49.

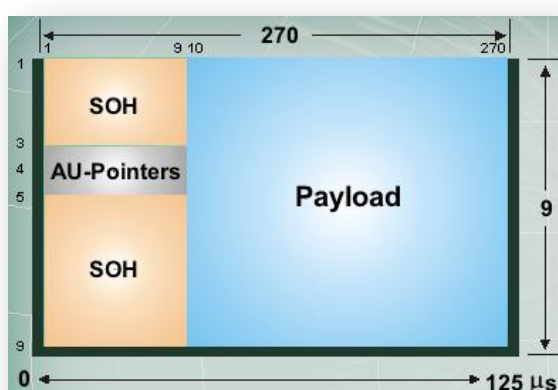


Figura 3.49 – Estrutura da *frame* STM-1 [40].

A leitura da *frame* será efetuada linha por linha e da esquerda para a direita com uma duração de 125µs por trama STM-1.

A estrutura da STM-1, conforme representada na Figura 3.49, possui três espaços principais que são:

- Cabeçalho de secção - possui informação de alinhamento, informação de manutenção, monitorização de desempenho entre outras funções operacionais;
- Ponteiro - permite indicar a posição de início de um tributário dentro de uma *frame*;
- *Payload* - incorpora toda a informação de utilizadores a transmitir.

As *frames* de taxas de ordem superior obtêm-se através de valores múltiplos da frame STM-1, como se encontra presente na Figura 3.50.

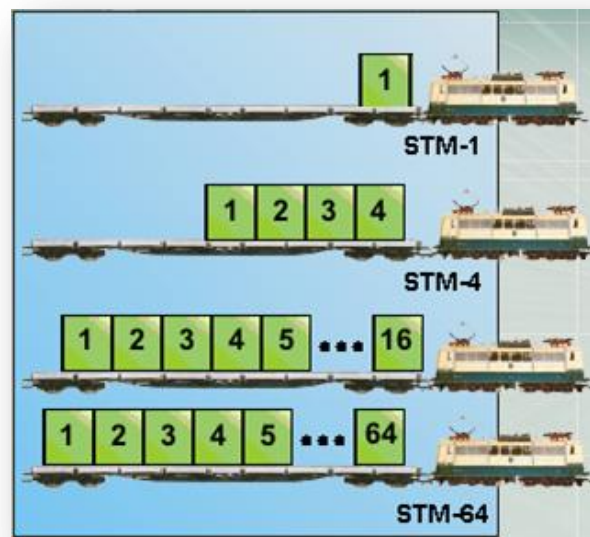


Figura 3.50 – Obtenção das *frames* superiores a STM-1 [40].

A taxa de transmissão de cada *frame* será efetuada com base na seguinte expressão:

$$STM - N = N * 270(\text{colunas}) * 9 (\text{linhas}) * \frac{8\text{bits}}{125\mu\text{s}}$$

Por exemplo, para a *frame* básica a taxa de transmissão será dado por:

$$STM - 1 = 270 * 9 * \frac{8\text{bits}}{125\mu\text{s}} = 155.520 \text{ Mbps}$$

As *frames* da tecnologia SDH são normalmente transmitidas em série ao longo da fibra ótica, no entanto, também podem ser transmitidas em meio de transmissão elétrico e rádio.

A Figura 3.51 ilustra os equipamentos SDH existentes na rede da EDP Distribuição no território nacional.

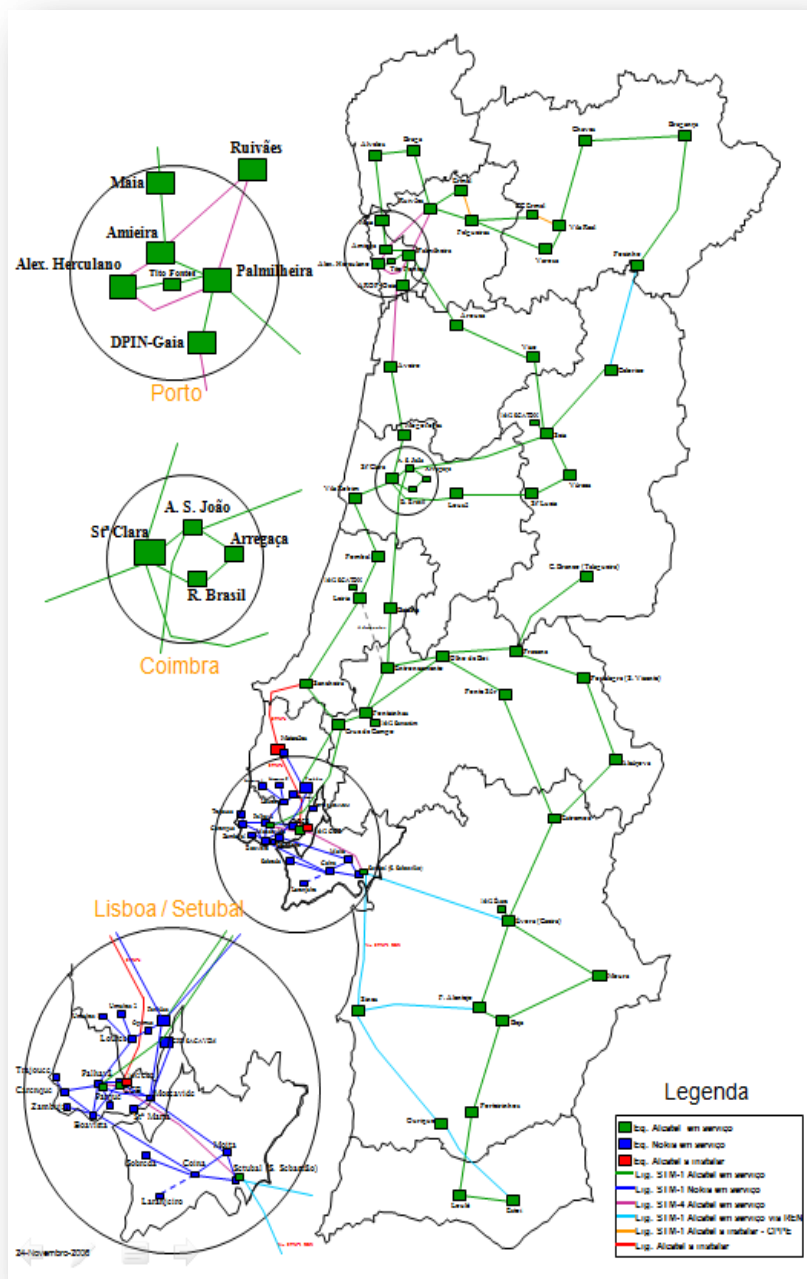


Figura 3.51 – Equipamentos SDH em Portugal Continental [22].

### 3.5.1. Equipamento SDH

Os equipamentos SDH utilizados na EDP Distribuição são da marca ALCATEL e existem 4 modelos de equipamentos SDH utilizados que são: 1650 SMC, 1660 SM, 1640 FOX e 1642.

Cada equipamento SDH é composto tipicamente por [44], [45]:

- Cartas de acesso de baixas e altas velocidades;
- Cartas de controlo;
- Cartas de serviços;
- Cartas tributárias;
- Cartas de processamento;
- Módulos elétricos ou óticos.

Estas cartas, em conjunto, permitem transportar serviços de voz, vídeo e dados a elevadas distâncias.

Estas cartas encontram-se localizadas em *subracks*. A Figura 3.52 ilustra o *subrack* do equipamento 1650 SMC.



Figura 3.52 – *Subrack* 1650 SMC.

As cartas do equipamento SDH 1650 SMC encontram-se em posições definidas no *subrack*. Nas Figuras 3.53 e 3.54 encontram-se representadas as posições das cartas nos *subracks* dos equipamentos SDH 1650SMC e 1660 SM.



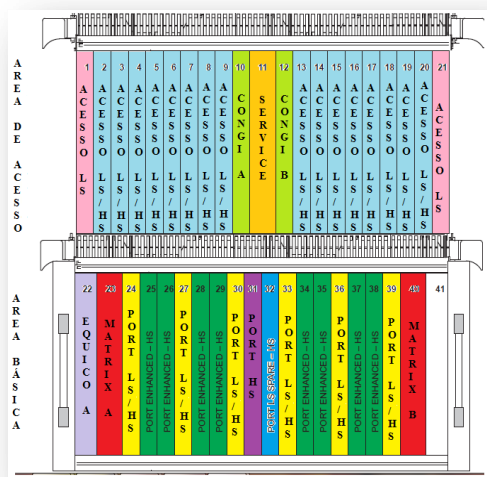
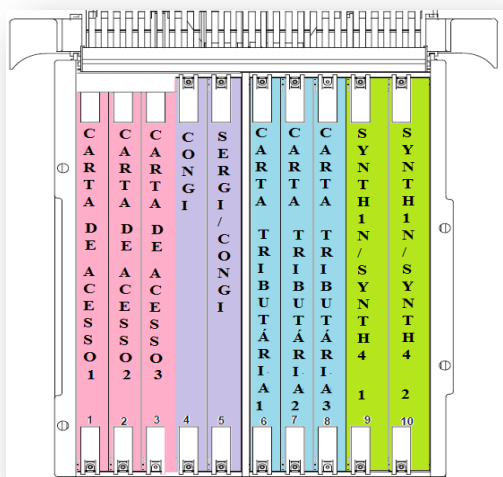


Figura 3.53–Cartas no *Subrack* do 1650 SMC [44]. Figura 3.54–Cartas no *Subrack* do 1660 SM [45].

### 3.5.1.1. Cartas de acesso de baixa velocidade

Os equipamentos 1650SMC e 1660 SM possuem cartas de acesso que permitem o interface físico para sinais de baixa velocidade (2 Mbit/s). Assim sendo, estas cartas permitem comunicações bidirecionais com as cartas tributárias.

As cartas de acesso de baixa velocidade denominam-se por A21E1 e permitem comunicações bidirecionais de 21 sinais de 2 Mbit/s e existem vários modelos de acordo com as características elétricas e conector utilizado. A Figura 3.55 ilustra a carta de acesso de baixa velocidade.

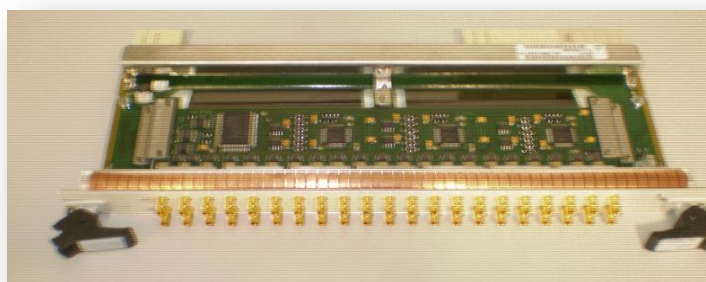


Figura 3.55 – Carta A21E1.

A Figura 3.56 ilustra a relação entre a carta de acesso A21E1 e a carta tributária correspondente.

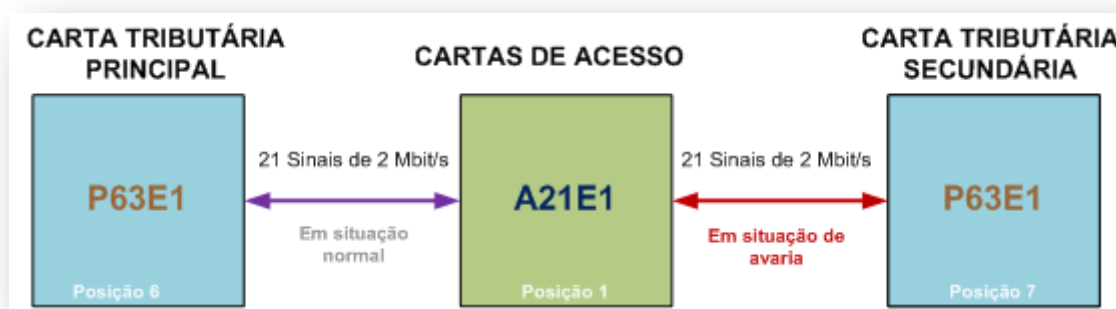


Figura 3.56 – Comunicações entre a carta A21E1 e a carta tributária P63E1.

### 3.5.1.2. Cartas de acesso de alta velocidade

Os equipamentos 1650SMC e 1660 SM possuem cartas de acesso que permitem o interface físico para sinais de alta velocidade (34Mbit/s, 45 Mbit/s, 140 Mbit/s, STM-1 elétrico e ótico e ST4 ótico). O equipamento 1660 SM permite um interface físico para sinais óticos STM-16. No entanto, a velocidade mais elevada que a EDP Distribuição utiliza é o sinal ótico a STM-4.

A EDP Distribuição utiliza apenas duas cartas de acesso de alta velocidade comuns aos equipamentos 1650 SMC e 1660 SM que são: A2S1 e A4ES1.

A carta A2S1 é uma carta de acesso que permite comunicações bidirecionais de 2 módulos de 140 Mbit/s ou 2 módulos STM-1. Os 2 módulos podem ser ambos com interface elétrico ou ótico, ou um de cada tipo de interface. A Figura 3.57 ilustra a relação entre a carta A2S1 e a carta tributária correspondente.



Figura 3.57 – Comunicações entre a carta A2S1 e a carta tributária P4S1N.

A carta A4ES1 é uma carta de acesso que permite comunicações bidirecionais de 4 STM-1 com interface de cabo coaxial. A Figura 3.58 ilustra a relação entre a carta A4ES1 e a carta tributária correspondente.



Figura 3.58 – Comunicações entre a carta A4ES1 e a carta tributária P4S1N

### 3.5.1.3. Cartas de serviços

As cartas de serviço permitem, por um lado, alimentar todas as cartas que compõem o equipamento SDH e, por outro lado, oferecer serviços. Estas cartas permitem fornecer -48 V a todo o *backplane*, ou seja, a todas as cartas que constituem o SDH. As cartas ao receber estes -48 V, com a ajuda de um conversor incorporado, convertem os -48 V para uma tensão apropriada para os seus dispositivos eletrónicos.

A carta de serviços do equipamento 1650 SMC denomina-se por SERGI e a carta de serviços do equipamento 1660 SM denomina-se por SERVICES. A Figura 3.59 ilustra a carta SERGI.



Figura 3.59 – Carta SERGI.

#### 3.5.1.4. Carta de controlo

Nos equipamentos 1650 SMC e 1660 SM a carta de controlo utilizada é a CONGI. Esta carta também permite alimentar o equipamento SDH de forma a criar redundância na alimentação.

Para além disto, esta carta permite indicar o estado de potência de entrada, a temperatura do equipamento, entre outros serviços.

A CONGI, no equipamento 1650 SMC, disponibiliza o serviço de gestão enquanto no equipamento 1660 SM é a carta Equico que permite realizar a gestão local e remota do equipamento.

As Figuras 3.60 e 3.61 ilustram respetivamente as cartas CONGI e Equico.



Figura 3.60 – Carta CONGI.



Figura 3.61 – Carta Equico.

#### 3.5.1.5. Cartas tributárias

As cartas tributárias dos equipamentos 1650 SMC e 1660 SM dividem-se consoante a sua velocidade e consoante se o sinal é PDH ou SDH. Deste modo, existem cartas tributárias de baixa velocidade PDH e cartas tributárias de alta velocidade PDH e SDH.

A carta tributária de baixa velocidade (PDH) denomina-se por P63E1 e é uma carta bidirecional com 63 interfaces de 2Mbit/s. A Figura 3.62 ilustra, a carta P6E31.



Figura 3.62 – Carta P6E31.

As cartas tributárias de alta velocidade STM-1 diferenciam-se consoante o tipo de interface utilizado: ótico ou elétrico. Existem dois tipos de cartas tributárias de alta velocidade STM-1 que são: P4S1N e P4ES1N.

A carta P4S1N (Figura 3.63) processa 4 STM-1. Esta carta permite o interface físico de 2 módulos STM-1, os outros dois módulos são processados através da carta de acesso correspondente.



Figura 3.63 – Carta P4S1N.

A carta P4ES1N processa 4 módulos STM-1. O acesso físico aos 4 módulos é realizado através da carta de acesso correspondente.

As cartas de alta velocidade STM-4 não necessitam de cartas de acesso e processam um fluxo ótico STM-4. Existem diferentes cartas STM-4, diferenciando-se no comprimento de onda e conector utilizado. A EDP Distribuição utiliza normalmente as cartas para curtas distâncias designadas por S-4.1N e as cartas para longas distâncias denominadas por L-4.1N e L-4.2N. A Figura 3.64 ilustra a carta L-4.2N.



Figura 3.64 – Carta L-4.2N.

#### 3.5.1.6. Cartas de processamento

As cartas SYNTH do equipamento 1650 SMC permitem fazer o processamento de toda a informação que se encontra nas cartas tributárias e direcionar feixes de 2 Mbit/s para o seu destino.

A carta SYNTH1N pode processar até 2 STM-1 ou 1 STM-4 e a carta SYNTH4 pode processar 2 STM-1 ou 2 STM-4

No caso de processamento de 2 STM-1, as transmissões podem ser elétricas ou óticas ou elétricas e óticas. No entanto, no caso de processamento de STM-4 as transmissões apenas podem ser óticas.

Estas cartas também são responsáveis pela sincronização do equipamento. As figura 3.65 e 3.66 ilustram respetivamente as cartas SYNTH1N e SYNTH4.



Figura 3.65 – Carta SYNTH1N.



Figura 3.66 – Carta SYNT4.

No equipamento 1660 SM a carta de processamento denomina-se por MATRIX e também permite distribuir o sincronismo por todas as cartas que compõem o equipamento e direcionar os feixes de 2 Mbit/s para o seu destino.

#### 3.5.1.7. Módulos

Os módulos não são mais do que cartas de acesso de pequenas dimensões que são inseridas em determinadas cartas. Existem módulos óticos e elétricos. É importante referir que a escolha do módulo ótico depende da distância a que se quer transmitir e consequentemente dos valores de atenuação e de dispersão cromática da ligação. A Figura 3.67 mostra um módulo ótico.



Figura 3.67 – Representação de um módulo ótico.

Os equipamentos 1650 SMC e 1660 SM possuem módulos óticos STM-1 e um módulo elétrico denominado por ICMI.

O módulo ICMI é um módulo que pode ser instalado nas cartas SYNT4N e nas cartas de acesso P4S1N e P4E4N.

Os módulos óticos STM-1 são os acessos físicos óticos para a carta STM-1. Os módulos estão disponíveis de acordo com o comprimento de onda utilizado e com o tipo de conector utilizado. A EDP Distribuição utiliza os seguintes módulos óticos STM-1:

- S-1.1 para curtas distâncias;
- L-1.1, L-1.2 e L-1.2JE para longas distâncias.

Os módulos óticos STM-4 do equipamento 1650 SMC são os acessos físicos óticos para a carta SYNTH. A EDP Distribuição utiliza os seguintes módulos STM-4:

- S-4.1 para curtas distâncias;
- L-4.1, L-4.2, L-4.2JE para longas distâncias.

### 3.6. TCP/IP

O TCP/IP é um conjunto de protocolos que permite que dois ou mais equipamentos comuniquem entre si em rede. O TCP/IP divide-se em dois protocolos, nomeadamente, protocolo de controlo de transmissão (TCP) e o protocolo de interconexão (IP).

Cada equipamento ligado à Internet possui um ou mais endereços IP, no entanto apenas possui um número IP quando se encontra ligado a uma rede. Cada endereço IP de um equipamento é constituído pelo IP da rede e pelo IP do equipamento.

Quando um equipamento A quer comunicar com o equipamento B numa rede TCP/IP, a primeira coisa a descobrir é se os dois equipamentos se encontram na mesma rede. Se sim, o equipamento A envia o pacote de dados para todos os equipamentos ligados à rede através do barramento local, mas só o equipamento B capta o pacote porque o TCP/IP compara o IP do destinatário do pacote com o IP do equipamento B. Caso não se encontrem na mesma rede, o TCP/IP envia o pacote para um *router* e este encarrega-se de fazer o pacote chegar ao seu destino. É através deste princípio de funcionamento que as cartas tributárias utilizam para enviar a sua comunicação. Isto é, se os equipamentos necessitarem de enviar dados para determinadas cartas tributárias eles vão-se basear no protocolo TCP/IP e depois através do PDH/SDH as comunicações são enviadas através de meios de transmissão para outros PDH/SDH.



O TCP/IP garante a entrega dos pacotes de dados, independentemente do meio físico utilizado, sem alterações, sem terem sido corrompidos e na ordem correta, uma vez que os pacotes de dados podem ser enviados por caminhos diferentes e chegar fora de ordem. Para além disto, o TCP/IP possui uma arquitetura aberta e qualquer fabricante pode adotar a sua própria versão do seu TCP/IP no seu sistema.

### 3.7. Rede MPLS

O MPLS (*Multiprotocol Label Switching*) é um protocolo desenvolvido para transporte de aplicações de voz, dados e vídeo. Trata-se de um protocolo baseado em redes IP, que possui a vantagem de diminuir o processamento nos equipamentos de rede (*routers*) e de interligar com maior eficiência redes de tecnologias. Deste modo, permite que os operadores de rede tenham um alto desempenho na transmissão dos seus dados mesmo quando acontecem falhas ou congestionamentos [22].

A EDP possui uma rede piloto baseada nesta tecnologia de forma a permitir uma maior versatilidade e flexibilidade nas comunicações, conduzindo assim a uma maior disponibilidade da rede de telecomunicações e consequentemente dos serviços críticos que transporta [46], [47].

Esta rede tem como objetivo transportar das subestações até ao Posto de Comando os mesmos serviços (telecontagem, qualidade de energia elétrica, SCADA, entre outros) que os equipamentos PDH e SDH transportam, no entanto sobre uma rede IP de multisserviços. Ao utilizar a rede IP no transporte dos serviços deixará de se usar os interfaces de comunicação RS232 e passará a utilizar-se o Ethernet. Estes serviços serão implementados em cada equipamento recorrendo a VLAN's, que terminarão no equipamento do lado do Posto de Comando.

Para criar esta rede foi necessário pedir apoio a um prestador de serviços, nomeadamente a ONI, que tem a responsabilidade de instalar os equipamentos e configurar os equipamentos IP. Os equipamentos IP utilizados encontram-se interligados utilizando a rede de fibra ótica disponível na EDP Distribuição e permitem um elevado nível de segurança contra a intrusão.

O centro operacional da rede flexnet é onde se localizam os equipamentos de segurança que permitem assegurar que apenas os técnicos e os engenheiros autorizados tenham acesso à rede.

A utilização da tecnologia MPLS ou outra baseada em IP é a tendência futura na utilização das telecomunicações na EDP Distribuição.

### 3.8. TETRA

O *Terrestrial Trunked Rádio* (TETRA) é um standard de comunicação digital *trunking* para redes rádio, desenvolvido pelo *European Telecommunications Standards Institute* (ETSI). O TETRA foi desenvolvido especialmente para satisfazer as necessidades das organizações que prestam serviços críticos (serviços de emergência, segurança pública, *utilities*, entre outras) que utilizavam sistemas de Rede Móvel Digital Própria (PMR), nomeadamente a interoperabilidade entre fabricantes, disponibilidade de espectro e segurança.

O TETRA ao utilizar *trunking* possibilita que todos os utilizadores partilhem todos os canais de tráfego de uma forma dinâmica, em vez de estarem dependentes apenas de um canal e, consequentemente, consegue suportar mais utilizadores de rádio do que no sistema convencional PMR. Para conseguir atingir este objetivo, o TETRA possui um canal de controlo que permite a atribuição automática de canais de tráfego de voz e dados entre utilizadores [48], [49].

#### 3.8.1. Princípio de funcionamento

O standard TETRA recorreu à modulação  $\pi/4$  -DQPSK e adotou a tecnologia TDMA uma vez que oferece uma melhor solução para equilibrar o custo do equipamento com os serviços e funcionalidades requeridas pelas organizações utilizadoras. Deste modo, o TETRA funciona numa base de 4 canais de comunicação independentes numa largura de banda de 25 kHz [48]. Assim, uma portadora de rádio única pode ser utilizada simultaneamente por 4 diferentes comunicações. Cada vez que uma comunicação for terminada, outra comunicação nova irá ocupar o seu lugar. A Figura 3.68 representa, o princípio de funcionamento do TETRA.

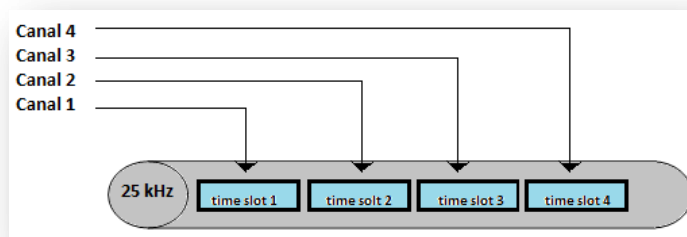


Figura 3.68 – Princípio de funcionamento do TETRA.

### 3.8.2. Modos de operação

O TETRA suporta os seguintes modos de operação:

- ✓ TMO - *Trunked Mode Operation*;
- ✓ DMO - *Direct Mode Operation*;
- ✓ PDO - *Packet Data Optimized*;

A escolha do modo de operação depende do que o utilizador deseja, das suas tarefas, da localização e da disponibilidade da rede. No entanto, apenas se irá abordar os modos TMO e DMO [48].

#### 3.8.2.1. Modo TMO

O modo TMO é o modo comum que utiliza a infraestrutura da rede TETRA, permitindo a transmissão simultânea de voz e dados entre utilizadores de várias estações base e opera na gama de frequência dos 150-900 MHz [48], [50]. Na Figura 3.69 encontra-se representado o modo de operação TMO.

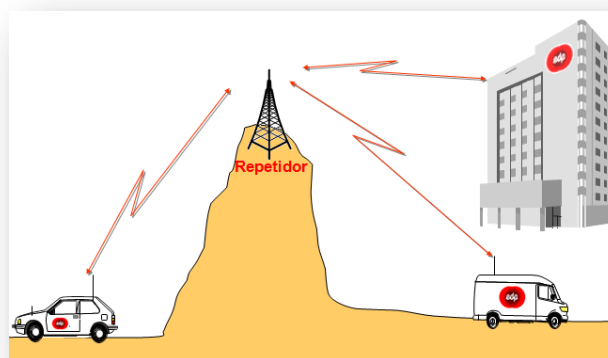


Figura 3.69 – Modo de operação TMO [51].

### 3.8.2.2. Modo DMO

O modo DMO permite comunicação direta entre dois ou mais utilizadores das Estações Móveis (EM's), usando uma largura de banda específica e, sem utilizar a infraestrutura da rede. A cobertura típica é de 400 m a 2 km consoante o tipo de zona a utilizar (rural ou urbana) [48]. Na Figura 3.70 encontra-se representado o modo de operação DMO.

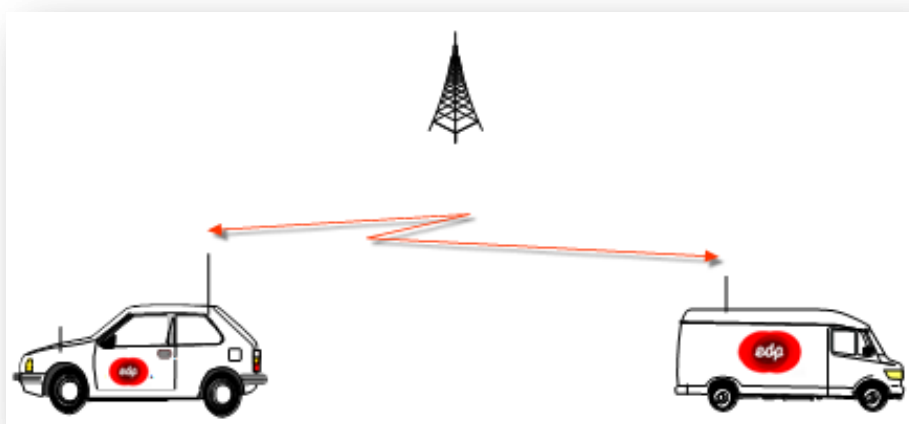


Figura 3.70 – Modo de operação DMO.

Dentro do modo de operação DMO existem quatro modos básicos de operação:

**Modo “Back-to-Back”** - o modo DMO permite a comunicação direta entre terminais de rádio fora da cobertura da rede TETRA principal ou quando a rede TETRA se encontra inoperacional [48].

A Figura 3.71 mostra, o modo de operação “Back-to-Back”.



Figura 3.71 – Operação DMO em modo “back-to-back”.

**Modo “Repeater”** – este modo utiliza estações móveis posicionadas estrategicamente para atuar como um repetidor que permite estender a comunicação de um determinado grupo [48].

A Figura 3.72 mostra, o modo de operação “Repeater”.

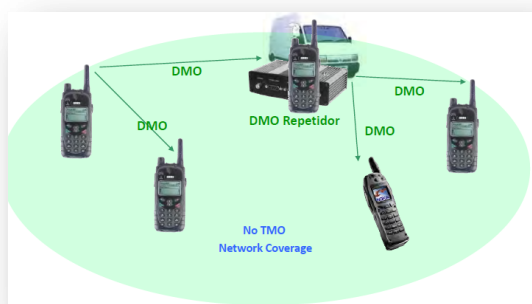


Figura 3.72 – Operação DMO “Repeater” [52].

**Modo “Gateway”** – possibilita a comunicação entre os modos DMO e TMO, uma vez que a *gateway* pode ligar-se a utilizadores que estão a operar em DMO com a rede TMO [48].

A Figura 3.73 mostra, o modo de operação “gateway”.

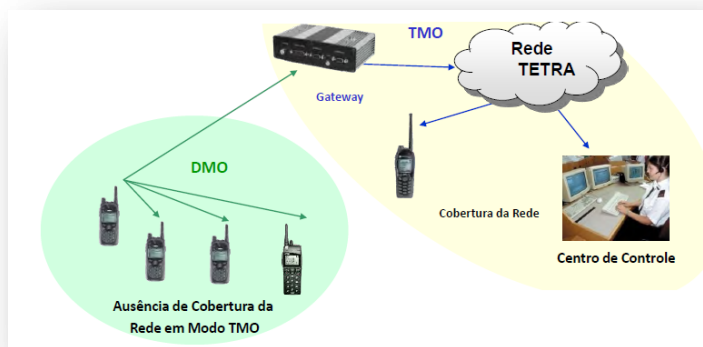


Figura 3.73 – Operação DMO “Gateway” [52].

**Modo “Dual Watch”** – também possibilita a comunicação entre os modos DMO e TMO. Um terminal rádio pode operar num certo modo e pode receber sinalização de outro modo de operação, caso permita “Dual Watch” [48].

A Figura 3.74 mostra, o modo de operação “Dual Watch”.

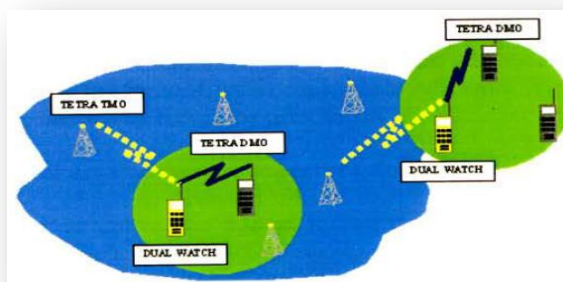


Figura 3.74 – Operação DMO “Dual Watch” [48].

### 3.8.3. Serviços disponibilizados

A tecnologia TETRA disponibiliza diversos serviços nomeadamente, chamadas individuais entre dois utilizadores, chamadas de grupo, chamadas prioritárias, prioridade de acesso, *ambience listening*, *discrete listening*, desvio de chamadas, posições de despacho, entre outros serviços [49].

### 3.8.4. Tecnologia TETRA na EDP Distribuição

Como foi referido anteriormente, a EDP Distribuição, em relação à propagação radioelétrica, apenas utiliza ligações de microondas e rádio VHF. Contudo, existe um projeto piloto que utiliza a tecnologia rádio TETRA, denominado por Piloto EDP SIRESP (Sistema Integrado das Redes de Emergência e Segurança de Portugal). Antes de passar a descrever o Piloto EDP SIRESP é necessário ter alguns conhecimentos sobre a rede SIRESP. Em Portugal, existe uma rede SIRESP de cobertura do território continental nacional (Figura 3.75) e ilhas e que permite assegurar a satisfação das necessidades de comunicações das forças e dos serviços de emergência e de segurança, garantindo a interoperabilidade e intercomunicação entre as diversas forças e serviços [53].

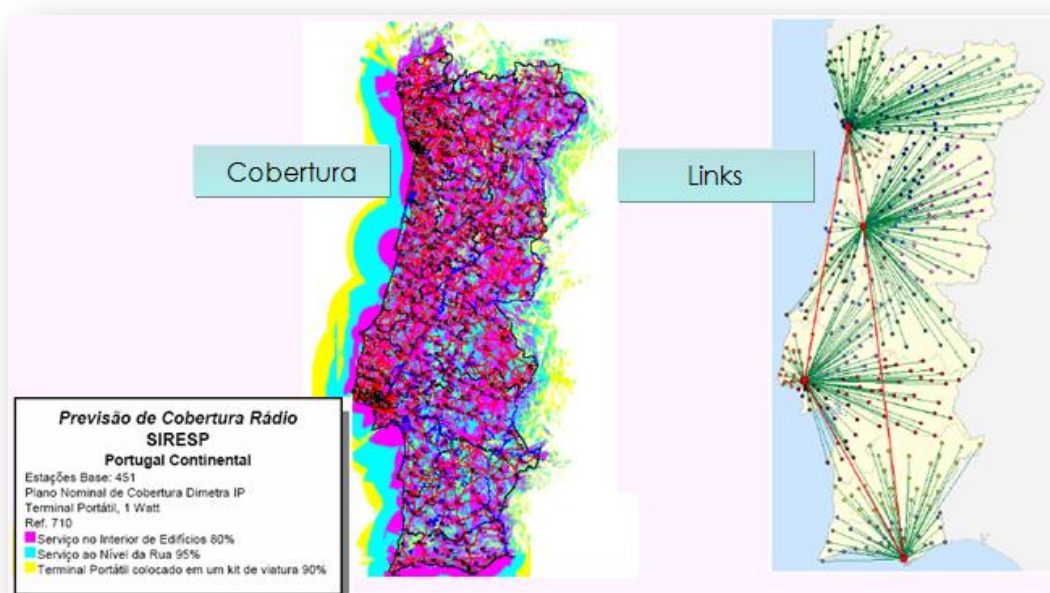


Figura 3.75– Previsão da cobertura e dos links do Rádio SIRESP [53].

O piloto EDP na rede SIRESP compreende:

- ✓ Comunicações de dados entre *FrontEnd* de Palhavã e 30 URR's da marca EFACEC (Figura 3.76) através da utilização da rede TETRA SIRESP;
- ✓ Utiliza o protocolo IEC 60870-5-104 sobre TCP/IP;
- ✓ Comunicações de voz com uma Consola de Despacho e 20 rádios terminais (Figura 3.77).

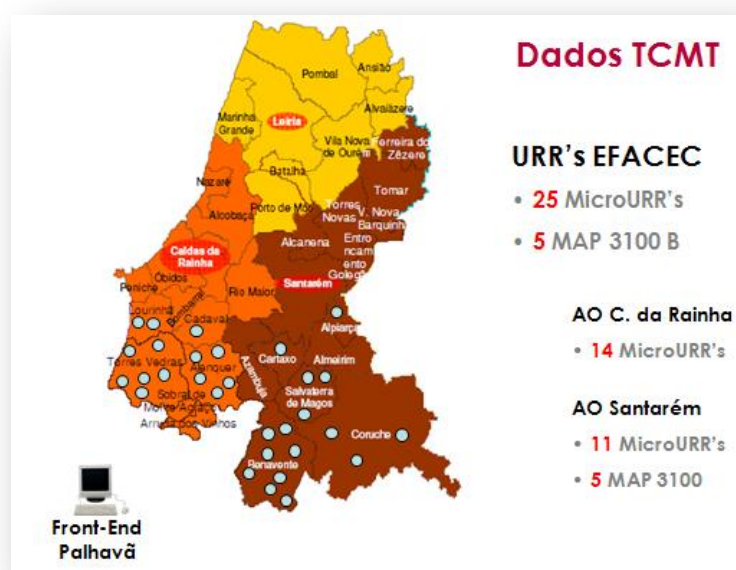


Figura 3.76 – Comunicação de dados entre o *FrontEnd* de Palhavã e as URR's [53].



Figura 3.77 – Comunicação de voz entre terminais de voz e uma consola do despacho [53].

Os objetivos do Piloto EDP SIRESP passam por avaliar a operacionalidade da tecnologia TETRA no telecomando da rede de MT e nas comunicações de voz entre terminais de voz e o despacho e por conferir a disponibilidade da rede SIRESP. Se estes três fatores se verificarem a EDP pode migrar das tecnologias que usa para a rede SIRESP num futuro próximo, abandonando as suas redes rádio VHF de suporte ao telecomando de MT e à fonia, que se encontram tecnologicamente desatualizados.



### 3.9. Conclusão

Tendo em conta o que foi apresentado ao longo do presente capítulo, retira-se uma noção das tecnologias utilizadas nos sistemas de telecomunicações e da sua importância no papel da condução e exploração da rede elétrica da EDP Distribuição. Como foi referido, as telecomunicações servem para conhecer em tempo real o que acontece nas instalações elétricas e na rede de MT da EDP Distribuição de modo a minimizar a energia não distribuída e a transmitir para o exterior uma boa imagem/reputação da empresa EDP Distribuição.

Por outro lado, apesar da EDP Distribuição já possuir uma rede inteligente de MT e AT, suportada em equipamentos de telecomunicações legados (PDH, SDH, Rádio Microondas e Rádio VHF), no futuro pondera-se a substituição destes equipamentos por equipamentos com uma maior versatilidade e resiliência, nomeadamente equipamentos baseados em IP e equipamentos Rádio TETRA.



## 4. Automação e Telecontrolo da Rede Elétrica

Ao longo das últimas três décadas, a EDP Distribuição tem vindo a implementar de forma continua na sua rede de distribuição de energia elétrica sistemas de automação e controlo, de forma a melhorar a qualidade de serviço prestada, o desempenho financeiro, assim como a flexibilidade e a fiabilidade da rede, os quais muito frequentemente recorrem a sistemas de telecomunicações, para que se aproveite todo o seu potencial. Esta implementação de sistemas de automação e controlo é aplicada nas subestações de AT/MT e ao longo da rede de MT, neste caso recorrendo a órgãos de corte que permitem isolar de forma eficiente troços da rede onde ocorreram defeitos.

A EDP Distribuição, com a implementação de sistemas de automação e de controlo conseguiu por um lado, diminuir progressivamente a força de trabalho mas, por outro, criou uma maior dependência de sistemas de telecomunicações, nomeadamente, tecnologias de transmissão PDH e SDH, meios de comunicações por fibra ótica, via rádio microondas e rádio VHF [54].

Na Figura 4.2 representa o esquema da Automação e Telecontrolo da Rede Elétrica

### 4.1. Automação e Telecontrolo de Subestações

Uma subestação de distribuição é uma instalação elétrica onde, de uma forma simplificada, pode-se dizer que é efetuada a transformação de energia elétrica de AT (60kV) para MT (30/15kV) [55]. Uma subestação de distribuição é constituída por um Parque Exterior de Aparelhagem e por um Edifício de Comando. A Figura 4.1 ilustra o aspeto real de uma subestação de distribuição.



Figura 4.1 – Subestação de distribuição [55].

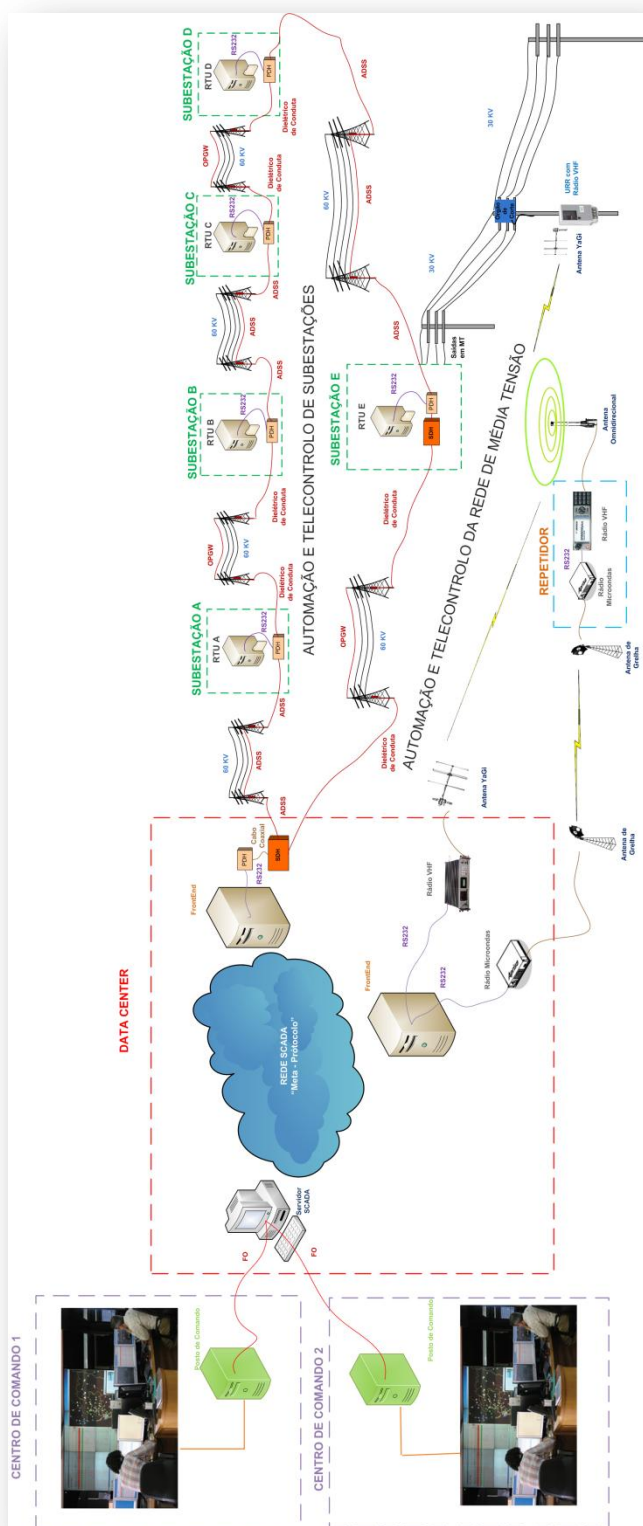


Figura 4.2 – Automação e Telecontrolo da Rede Elétrica.

#### 4.1.1. Parque exterior de aparelhagem

O Parque exterior de Aparelhagem é constituído por vários elementos eléctricos interligados entre si que permitem direccionar e controlar o fluxo de energia da rede eléctrica.

Os elementos que constituem o Parque Exterior de Aparelhagem são: transformadores de tensão (TT), descarregadores de sobretensão (DST), transformadores de intensidade (TI), disjuntores, seccionadores, isoladores, transformador de potência (TP), baterias de condensadores, reatância de neutro, linhas de AT e cabo de MT [55]. A Figura 4.3 ilustra de forma pormenorizada o esquema da subestação de distribuição.

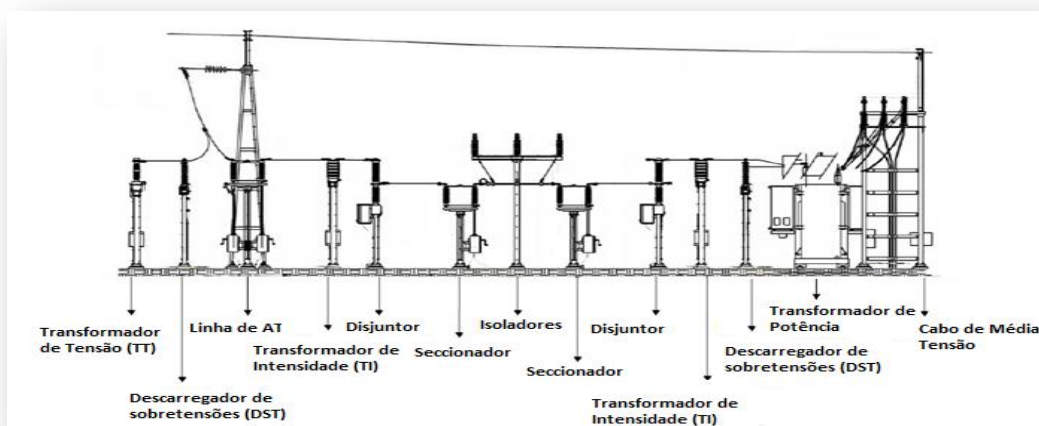


Figura 4.3 – Esquema de uma subestação de distribuição [55].

##### 4.1.1.1. Transformador de Tensão

Um TT é um dispositivo que permite monitorizar o valor de tensão nas linhas eléctricas através da sua razão de transformação incorporada. Assim, este dispositivo permite transformar a tensão real do enrolamento primário numa tensão proporcional à real mas muito mais reduzida no enrolamento do secundário [55]. A Figura 4.4 ilustra, um TT.



Figura 4.4 – Transformador de Tensão.

#### 4.1.1.2. Descarregador de Sobretensão

Um DST permite descarregar a corrente para o circuito de terra quando a tensão da linha de AT ultrapassa um valor de tensão estabelecido [55]. A Figura 4.5 demonstra, um DST.



Figura 4.5 – Descarregador de Sobretensão.

#### 4.1.1.3. Transformador de Intensidade

O TI permite monitorizar a corrente elétrica presente nas linhas através da sua razão de transformação, que permite transformar a corrente que circula no enrolamento primário, numa corrente proporcional ao primário, mas muito mais reduzida, no enrolamento secundário [55]. A Figura 4.6 representa, um TI.



Figura 4.6 – Transformador de Intensidade.

#### 4.1.1.4. Disjuntor

O disjuntor é um dispositivo eletromecânico que atua quando os circuitos estão sujeitos a sobreintensidades. Deste modo evita que os efeitos térmicos e eletromecânicos resultantes da sobreintensidade se possam tornar perigosos [55], para a rede elétrica. A Figura 4.7 apresenta, um disjuntor.

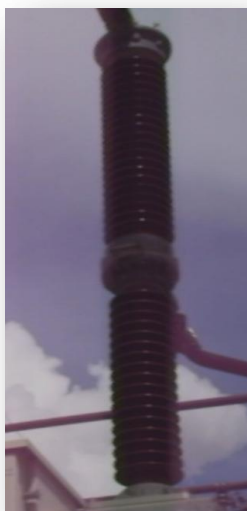


Figura 4.7 – Disjuntor.

#### 4.1.1.5. Seccionador

O seccionador tem como função o seccionamento visível entre duas partes ativas, por forma garantir o isolamento entre estas. Contudo, este equipamento não tem poder de corte, tal como

acontece com o disjuntor. O seccionador só poderá atuar após a abertura do disjuntor garantindo assim, a segurança do isolamento [56]. A Figura 4.8 ilustra um seccionador. Falar com professor



Figura 4.8 – Seccionador.

#### 4.1.1.6. Isolador

O isolador é um equipamento que impede que a corrente transportada pelos condutores tenha um caminho, desça pelas estruturas metálicas do parque de linhas e atinja o solo, de forma a evitar a ocorrência de um curto-circuito. Assim, afasta eletricamente qualquer parte em tensão das estruturas que o suportam. Na EDP Distribuição, os isoladores utilizados nas subestações são de porcelana, pois possuem uma alta capacidade de isolamento elétrico e resistência mecânica [55]. A Figura 4.9 ilustra um isolador.



Figura 4.9 – Isolador.

#### 4.1.1.7. Transformador de Potência

O Transformador de Potência TP permite regular a tensão com possibilidade de atuação no número de espiras do enrolamento primário, de modo a manter o valor de tensão no secundário, uma vez que permite reduzir o nível de tensão de 60 kV para MT (30, 15 ou 10 kV), consoante a zona de implantação da subestação. O TP, para além de ser o equipamento



mais oneroso da subestação, é também o equipamento mais volumoso, podendo pesar até cerca de 70 toneladas e atingir cerca de 5m de altura [55]. A Figura 4.10 representa um TP.



Figura 4.10 – Transformador de Potência.

#### 4.1.1.8. Baterias de condensadores

As baterias de condensadores são usadas para compensar o fator de potência das linhas de distribuição [55]. A Figura 4.11 ilustra as baterias de condensadores.



Figura 4.11 – Baterias de Condensadores.

#### 4.1.1.9. Reactância de Neutro

A Reactância de Neutro é um equipamento que serve para limitar a corrente de curto-circuito fase-terra a uma determinada corrente. Este equipamento encontra-se ligado aos secundários do TP, de forma a criar uma impedância de ligação do neutro à terra, limitando a corrente de curto-circuito [55]. A Figura 4.12 representa a reatância de neutro.



Figura 4.12 – Reactância de Neutro.

#### **4.1.1.10. Linhas de AT**

As Linhas de AT são condutores utilizados para estabelecer um circuito elétrico e que podem ser utilizadas para interligar duas instalações de AT (subestações ou postos de seccionamento de AT) [55].

Poderá ser utilizada para alimentar clientes de AT ou para escoar a energia elétrica de algum produtor de energia elétrica.

#### **4.1.1.11. Cabo de MT**

O cabo de MT é responsável pela ligação do secundário do TP ao respetivo barramento MT que se encontra no quadro metálico [55].

#### **4.1.2. Edifício de Comando**

O Edifício de Comando de uma subestação encontra-se perto do Parque Exterior de Aparelhagem e é constituído por uma sala ampla constituída pelo Quadro Metálico de MT (QMMT) e armários que integram os Sistemas de Proteção, Comando e Controlo (SPCC's). Na Figura 4.13 encontra-se representado o aspeto do Edifício de Comando [55].



Figura 4.13 – Edifício de Comando [55].

#### 4.1.2.1. Quadro Metálico de MT

O QMMT é um quadro blindado constituído pelos equipamentos de MT e BT instalados em compartimentos distintos e completamente fechados (celas). Assim, cada cela monitoriza e controla determinados elementos situados no Parque de Aparelhagem Exterior da subestação [57]. A Figura 4.14 ilustra as celas que constituem o QMMT.

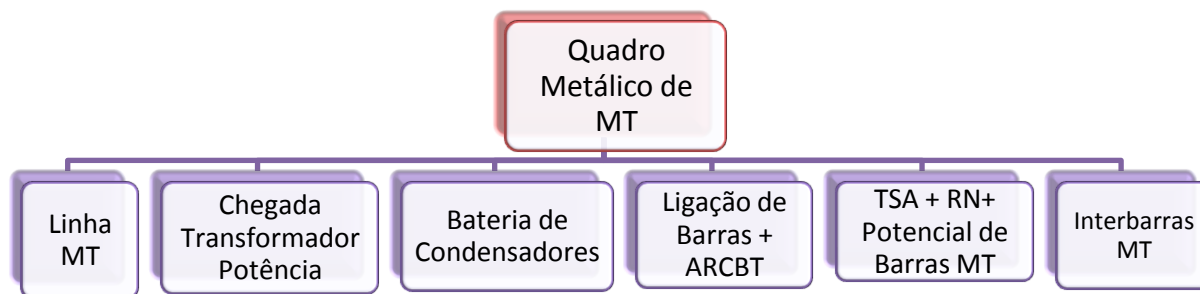


Figura 4.14 – Constituição do QMMT [57].

A Tabela 4.1 possui as funções de cada uma das celas anteriormente referidas.

Tabela 4.1 – Funções das celas do QMMT [58].

Linha de MT	•Assegura a ligação entre o barramento do quadro metálico e a linha de MT;
Chegada do Transformador de Potência	•Assegura a ligação entre o secundário do transformador de potência de AT/MT e o barramento do quadro metálico;
Bateria de Condensadores	•Assegura a ligação entre o barramento do quadro metálico e a bateria de condensadores de MT;
Transformador de Serviços Auxiliares + Reatância de Neutro + Potencial de Barras MT	•Assegura a ligação entre o barramento do quadro metálico e o transformador MT/BT de serviços auxiliares e a reatância de criação de neutro artificial+ ligação entre o barramento do quadro metálico e os transformadores de medida de tensão do barramento;
Interbarras MT	•Assegura a ligação de dois barramentos entre si;
Ligação de Barras e Armário de Reagrupamento de Cabos de	•Assegura a ligação de cada barramento à cela de Interbarras de MT.

#### 4.1.2.2. Armários de Comando e Controlo

Os Armários de Comando e Controlo (ACC's) recebem informação proveniente dos equipamentos instalados no Parque de Aparelhagem Exterior e no edifício de comando [57]. A Figura 4.15 ilustra os vários ACC's.



Figura 4.15 – Armários de Comando e Controlo.

A Tabela 4.2 possui as funções de cada uma das celas anteriormente referidas.

Tabela 4.2 – Funções dos Armários de Comando e Controlo [58], [59] .

Linha de AT	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Assegura a ligação entre o barramento AT e a linha de AT;</li> </ul>
Interbarras + Potencial de barras	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Assegura a ligação de dois barramentos entre si + ligação entre barramento AT e os transformadores de tensão do barramento</li> </ul>
Transformador de Potência	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Assegura a ligação entre o barramento AT e o primário do transformador de potência de AT/MT;</li> </ul>
Unidade Central de Processamento	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Computador industrial que permite a comunicação entre a subestação e o centro de comando</li> </ul>
Serviços Auxiliares de CC	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Contém disjuntores de BT que alimentam os diversos circuitos de CC da subestação. exemplo:centrais de intrusão</li> </ul>
Serviços Auxiliares de CA	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Contém disjuntores de BT que alimentam os diversos circuitos de tensão alternada da subestação. exemplo:ventilação</li> </ul>
Comunicações	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Possui equipamentos de telecomunicações que permitem que a subestação seja telecomandada remotamente sem a presença física de técnicos.</li> </ul>
Contagem	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Possui um sistema de telecontagem que envia os dados dos contadores pela rede telefónica para os serviços centrais da EDP</li> </ul>
Qualidade de Energia	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Possui um sistema de monitorização da qualidade energia .</li> </ul>
Baterias de Tensão Contínua	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Asseguram o comando funcional da subestação durante o tempo de capacidade das baterias, tal como, alimentação das unidades de proteção e comando dos motores dos órgão comandáveis.</li> </ul>

#### 4.1.3. Sistema de Proteção de Comando e Controlo

Um Sistema de Proteção de Comando e Controlo (SPCC) é um conjunto de equipamentos capazes de executar todas as funções de proteção, automatismo, comando e controlo dos elementos de uma instalação elétrica possibilitando também a transmissão de informação relevante aos níveis hierárquicos superiores [60].

#### 4.1.3.1. Arquitetura de um SPCC

O SPCC é fundamental na deteção de anomalias dos níveis toleráveis de operação de tensão, corrente ou frequência do Sistema de Energia Elétrica. A crescente necessidade do controlo e operação da rede de distribuição de energia elétrica com elevados níveis de qualidade de serviço, reduzidos tempos de interrupção do fornecimento de energia e exploração eficiente da rede tem levado à evolução dos SPCC [60].

A evolução tecnológica dos equipamentos do SPCC, conseqüentemente, levou à alteração da arquitetura das subestações, passando assim de subestações clássicas para subestações numéricas.

As subestações numéricas diferenciam-se das subestações clássicas fundamentalmente na forma como a informação é trocada e gerida entre os elementos que a constituem. Uma subestação, ao possuir telecomando, a informação relativa do estado de equipamentos e medidas pode ser enviada automaticamente para o Centro de Comando (CC). Assim, o CC passou a ter a capacidade de supervisionar remotamente a rede elétrica de uma forma global. Com o telecomando, deixou de ser necessário a operação local das subestações através de equipas técnicas o que levou à redução de custos de operação.

No âmbito deste trabalho ir-se-á aprofundar apenas o estudo das subestações do tipo numéricas por ser o tipo de subestação a ser implementada neste momento na EDP. A arquitetura de uma subestação numérica pode ser dividida em três níveis hierárquicos interligados entre si, como se encontra presente na Figura 4.16.



Figura 4.16 – Arquitetura dos SPCC das subestações numéricas.

#### 4.1.3.2. Dispositivos de um SPCC

No nível 0 encontra-se a aparelhagem da subestação com que o SPCC interage. A Figura 4.17 representa os equipamentos que constituem a aparelhagem da subestação.



Figura 4.17 – Aparelhagem da subestação.

No nível 1 encontram-se os dispositivos eletrónicos inteligentes (IED's) que serão responsáveis por desempenhar as funções de comando e controlo. A Figura 4.18 ilustra um IED.



Figura 4.18 – IED.



No nível 2 encontra-se a Unidade Central (UC) que desempenha as funções relacionadas com o comando e controlo de toda a subestação no local e à distância, fazendo o interface entre os IEDs e o sistema SCADA (e consequentemente com os operadores no CC).

A interligação entre os níveis 0 e 1 é efetuada utilizando ligações elétricas de fio de cobre.

As Figuras 4.19 e 4.20 ilustram respetivamente, a saída dos cabos de cobre de um equipamento da subestação e a entrada de cabos de cobre num quadro do Edifício de Comando.



Figura 4.19 – Saída dos cabos de cobre de um equipamento da subestação.



Figura 4.20 – Entrada dos cabos de cobre numa unidade de painel.



A interligação entre os níveis 1 e 2 é estabelecida através de uma rede local de comunicação de dados utilizando a fibra ótica como meio de transmissão.

#### **4.1.4. Dispositivos Eletrônicos Inteligentes**

Os Dispositivos Eletrônicos Inteligentes (IED's) são relés de proteção digital que são responsáveis pela aquisição de dados de estado e medidas e pela execução de funções de proteção, automatismo, comando e controlo de todos os equipamentos da subestação. Os IED's encontram-se associados a painéis, que se encontram instalados no interior do edifício de comando das subestações [58].

Os IED's são responsáveis por:

- Obtenção de medidas de grandezas elétricas e de sinalizações dos equipamentos de MT e AT da subestação;
- Emissão de ordens para os equipamentos de MT e AT da subestação;
- Implementação de funções de proteção e de automatismo;
- Interação com outros IED's e com a Unidade Central, através da rede local de comunicação;
- Comando local dos aparelhos de manobra de cada painel.

#### **4.1.5. Unidade Central**

A Unidade Central (UC) é baseada num computador industrial que permite a comunicação da subestação com o SCADA e consequentemente com o Centro de Comando e a comunicação com todos os IED's através da rede local de comunicação [60].

A UC possui uma base de dados que é atualizada com informação proveniente dos IED's e dos comandos provenientes do Posto de Comando Local (PCL) e do SCADA.

#### **4.1.6. Posto de Comando Local**

O Posto de Comando Local (PCL) é um computador industrial que juntamente com a UC e com os equipamentos da rede de comunicação local são colocados no armário SPCC.

Algumas das funções desempenhadas pelo PCL são: visualização, através de um registo cronológico de todas as ocorrências verificadas na subestação e alteração do modo de funcionamento da instalação e de cada painel [58].

Em caso de falha de comunicações com o SCADA, é possível fazer no PCL o comando da subestação localmente.

#### **4.1.7. Rede local de comunicações**

A rede local de comunicações existente numa subestação permite a interligação entre IED's, entre os IED's e a UC e entre o PLC e a UC [60].

A rede local de comunicações permite a supervisão e controlo de toda a subestação, localmente.

Esta rede local para assegurar a compatibilidade de equipamentos de diferentes fabricantes e para suportar desenvolvimentos futuros sem necessitar de grandes alterações a nível da rede, baseia-se na norma IEC 61850. Esta rede para além de ter um meio de transmissão de fibra ótica também possui equipamentos de comunicação, nomeadamente, *routers*, *switches*, *hubs* e *modems*.

#### **4.1.8. Rede de comunicações entre o SPCC e o CC**

A ligação do SPCC de uma subestação ao SCADA é suportada na rede privativa de telecomunicações da EDP, a qual descrita pormenorizadamente no Capítulo 3.

### **4.2. Automação e Telecontrolo da Rede de Média Tensão**

A EDP Distribuição, para melhorar a qualidade de serviço na rede de MT, começou a instalar alguns dispositivos em pontos estratégicos da rede elétrica de MT, de modo a reduzir o tempo de localização e reparação de avaria, e consequentemente a diminuição do tempo de indisponibilidade de alimentação dos clientes, no caso da ocorrência de defeitos de origem externa na rede. Para além disto, estes equipamentos permitem localizar e isolar os troços que possuem defeitos e realimentar os troços sãos a partir de redes vizinhas [61], [62].

Os dispositivos em causa que a EDP Distribuição instala na rede de MT são: Disjuntores Auto-Religadores, Interruptores Auto-Religadores e Órgãos de Corte da Rede Tipo 1 e Tipo 2. Brevemente, prevê-se a instalação de Órgãos de corte da Rede Tipo 3.

Os equipamentos instalados na rede de MT utilizam um automatismo que tem capacidade de controlar um determinado processo, e que toma decisões através uma programação prévia e sem intervenção humana. Deste modo, para compreender o modo de atuação dos equipamentos instalados na rede MT é necessário compreender primeiro o automatismo que se encontra por detrás destes equipamentos. O automatismo utilizado no telecontrolo da rede de MT é o automatismo “Voltage-Time” [62].

#### 4.2.1. Automatismo “Voltage – Time”

Dentro do automatismo “Voltage-Time” (VT) encontra-se o automatismo de religação, que se destina a eliminar da rede de MT defeitos do tipo fugitivo ou semipermanente, através de manobras sucessivas de ligação e desligação do disjuntor associado à linha, de maneira a que o serviço seja reposto, sem intervenção de equipas técnicas. Esta função de religação é assegurada pelos IED's que se encontram nos painéis de linhas de MT pré-definidos no interior do Edifício de Comando de uma subestação [60].

O automatismo de religação incorpora diversos programas de religação constituídos por: ciclos de religação rápida, que está associada ao disparo do disjuntor por ação da proteção associada e ciclos de religação lenta que está associado ao disparo do disjuntor e a sua religação temporizados [62]. Os diferentes programas de religação possíveis são:

- ✓ Sem religação;
- ✓ Uma religação lenta;
- ✓ Duas religações lentas;
- ✓ Uma religação rápida;
- ✓ Uma religação rápida e uma religação lenta;
- ✓ Uma religação rápida e duas religações lentas.

#### 4.2.1.1. Princípio de funcionamento

A Figura 4.21 ilustra, o princípio de funcionamento do automatismo VT.

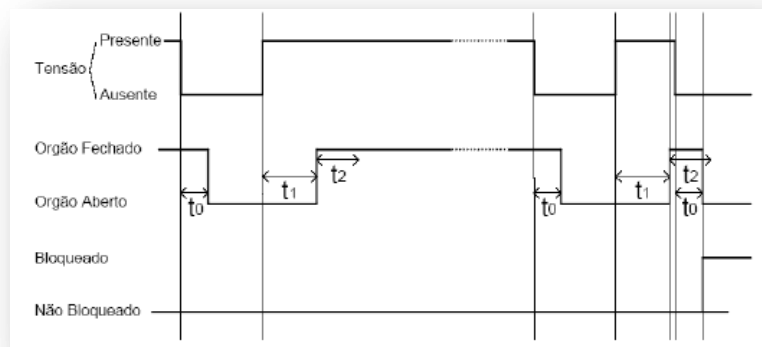


Figura 4.21 – Princípio de funcionamento do automatismo VT [62].

Considerando que se encontra instalado na rede de MT, um órgão de corte na posição de fechado e que ocorre uma falha de tensão a montante, a posição do órgão irá mudar de fechado para aberto, após o tempo de confirmação da falha de tensão ( $t_0$ ) [60].

Quando regressa a tensão, o órgão irá iniciar intrinsecamente um temporizador  $t_1$ , que define o tempo que o órgão demora a fechar, que quando ultrapassado, origina o fecho do órgão de corte.

Após terminar o temporizador  $t_1$ , é lançado um novo temporizador  $t_2$ , que diz respeito ao tempo de vigilância que durante o qual, uma nova falha de tensão e consequentemente abertura do órgão provoca a abertura definitiva do órgão. Para efetuar o fecho deste órgão é necessário uma ordem voluntária, dada localmente ou à distância.

O automatismo VT é independente do regime de neutro utilizado, pelo que é considerado “universal”.

#### 4.2.2. Disjuntores Auto-Religadores

Tendo em conta a vulnerabilidade das linhas aéreas de MT aos defeitos oriundos de causas externas, a EDP Distribuição instala Disjuntores Auto-Religadores (DAR's) nas saídas aéreas de MT das subestações [61]. A Figura 4.22 representa, um DAR instalado numa linha aérea de MT.



Figura 4.22 – DAR instalado numa linha aérea de MT [60].

#### 4.2.2.1. Princípio de funcionamento

O DAR é um aparelho aéreo que tem uma função de automatismo associada e que quando deteta um defeito promove um ciclo de religações. Quando o IED associado ao DAR que se encontra no armário de comando instalado no poste detetar um defeito na linha, envia um comando ao DAR para promover o seu ciclo de religações [60].

Assim, apesar do DAR ser um aparelho autónomo necessita de tensão na rede a montante para a manobra de fecho.

#### 4.2.3. Interruptores Auto-Religadores

O Interruptor Auto-Religador (IAR) foi o primeiro equipamento a ser instalado na rede de MT e tem como objetivo a redução do tempo de intervenção para reparação, melhorando desta forma, a continuidade de serviço [60], [61].

O IAR baseia-se na deteção do desaparecimento e reaparecimento da tensão na linha durante o período de religação automática do DAR associado.

Os IAR's encontram-se instalados em ramais de maior comprimento e/ou em ramais que alimentam clientes importantes.

#### 4.2.3.1. Constituição de um IAR

O IAR é constituído por um interruptor com características elétricas adequadas às características da rede, um ou dois transformadores de tensão para fazer o controlo da tensão na linha de MT e para servir de alimentação auxiliar e por um quadro de comando e automatismo [22].

O IAR pode ser comandado eletricamente no local ou por telecomando usando um equipamento de interface (RTU) que comunica com o SCADA usando normalmente uma rede de comunicações rádio (VHF ou GSM).

Os equipamentos que constituem o IAR são instalados no posto de linha de MT, como se encontra representado na Figura 4.23.



Figura 4.23 – IAR instalado num posto de uma linha aérea de MT [60].

#### 4.2.3.2. Princípio de funcionamento de um IAR

Quando ocorre um defeito na linha, o respetivo DAR abre por ordem do comando dos relés de proteção, passados alguns milissegundos o IAR detecta a falta da tensão na linha e abre. Depois disto, o DAR irá efetuar a sua primeira religação lenta e a tensão da linha volta a aparecer aos terminais do IAR. Quando isto acontece, o IAR irá esperar um certo tempo (tempo de confirmação) e consequentemente recebe a ordem de fecho. Após o fecho do IAR, este volta a esperar um certo tempo (tempo de bloqueio), no qual podem acontecer duas situações dependendo da abertura ou não do DAR [22].

Se o DAR voltar a abrir, o IAR durante o tempo de bloqueio abre e fica nesta posição até reaparecer tensão aos seus terminais. Ficando, deste modo, o troço de linha com defeito isolado dos troços sãos.

Se o DAR não voltar a abrir, significa que o defeito desapareceu e termina o tempo de bloqueio sem que falte a tensão aos terminais do IAR.

#### 4.2.4. Órgão de Corte da Rede – Tipo 1

O Órgão de Corte da Rede –Tipo 1 (OCR1) tal como os aparelhos anteriores tem como objetivo obter uma melhoria da fiabilidade da rede de MT.

O OCR1 possui um invólucro integralmente selado, contendo no seu interior hexafluoreto de enxofre (SF<sub>6</sub>) que lhe confere qualidades excepcionais como meio dielétrico [62].

O OCR1 deverá ser instalado preferencialmente nas fronteiras das linhas de MT, uma vez que suporta uma menor corrente de curto-circuito do que o IAR. A Figura 4.24 mostra, um OCR1 instalado numa linha aérea de MT.



Figura 4.24 – OCR1 instalado numa linha aérea de MT [60].

##### 4.2.4.1. Princípio de funcionamento

O OCR1 na posição de fechado, permite a aplicação de três transformadores de corrente para sinalização da passagem de defeito, auxiliando assim, a identificação do local da avaria [62].

Os defeitos podem ser detetados e isolados a partir do centro de comando e é a partir deste que se realiza a reconfiguração remota da rede, reduzindo gastos em deslocações e aumentando a qualidade de serviço.

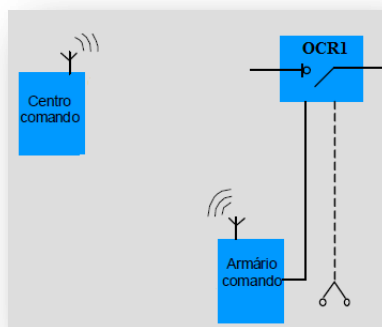


Figura 4.25 – Interligação entre o Centro de Comando e o OCR1 [63].

#### 4.2.5. Órgão de Corte da Rede - Tipo 2

O Órgão de Corte da Rede – Tipo 2 (OCR2) difere do OCR1 pelo facto de suportar correntes de curto-circuito maiores e por possuir características elétricas semelhantes às do IAR [60].

O OCR2 necessita de um seccionador para garantir o corte visível durante intervenções na rede. Este equipamento possui transformadores que permitem carregar as baterias, caso ocorra falta de tensão, permitindo assim, alguns ciclos de fecho e de abertura da rede.

Este tipo de equipamento é o mais utilizado na rede de MT, no entanto, estão a ser feitos estudos de viabilidade para um novo OCR-tipo 3 [62]. A Figura 4.26 ilustra, um OCR2 instalado numa linha aérea de MT.

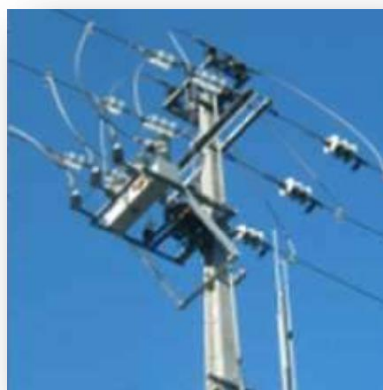


Figura 4.26 – OCR2 instalado numa linha aérea de MT [60].



### 4.3. Conclusão

No presente capítulo descreve-se o modo como as subestações e a rede de MT são controladas e automatizadas, com base nas tecnologias de telecomunicações apresentadas no terceiro capítulo.

Na primeira parte do capítulo, dedicada à automação e telecontrolo das subestações, constata-se que os SPCC's, através da monitorização dos valores de tensão, corrente e frequência em tempo real, conseguem que uma subestação desempenhe o seu papel de forma otimizada e garanta os níveis de qualidade e continuidade de serviço exigidos pelo RQS. A monitorização destas grandezas é fulcral, pois no momento em que ocorrer uma variação significativa dos seus valores, as funções dos automatismos e proteções presentes nos IED's devem atuar de modo a repor os níveis adequados às grandezas. O uso de SPCC's permite garantir por um lado a dependência dos sistemas de telecomunicações mas por outro, permite reduzir a força de trabalho que durante décadas existia nestas instalações elétricas.

Na parte relativa à automação e telecontrolo da rede elétrica conclui-se que, a instalação estratégica de dispositivos de corte ao longo da rede de MT, permite obter uma melhoria nos valores de continuidade e qualidade de serviço, devido ao facto de serem dispositivos de atuação rápida e seletiva. Deste modo, estes dispositivos permitem isolar o troço do resto da rede quando este é sujeito a defeitos.

Em suma, a automação da rede elétrica, a qual está extremamente dependente de sistemas de telecomunicações, contribuem para que os níveis de qualidade e continuidade de serviço excedam as exigências do RQS.



## 5. O Papel das Telecomunicações na Exploração e Condução da Rede Elétrica

Com a crescente automatização da rede elétrica levada, a cabo nos últimos anos, a EDP Distribuição teve a possibilidade de reduzir a sua força de trabalho, deixando as instalações elétricas ao “abandono”, mas por outro lado cresceu a dependência dos sistemas de telecomunicações.

As telecomunicações são fundamentais na exploração e condução de um sistema pelo facto de transmitirem em tempo real os acontecimentos que ocorrem na rede elétrica, nomeadamente ao nível das subestações, aos Centros de Despacho e Condução através da utilização de um servidor SCADA que processa a informação e que a envia diretamente ao Posto de Comando existente naqueles Centros.

A aplicação de sistemas de automação e controlo veio trazer benefícios na melhoria da qualidade e continuidade de serviço através do uso de sistemas de proteção, teleproteções, monitorização da qualidade de serviço e de serviços de Teleengenharia e de Telecontagem.

### 5.1. Suporte à proteção, comando e controlo da rede elétrica

#### 5.1.1. SCADA

Na comunicação do SPCC de subestações tipo AT/MT com os Centros de Condução estão envolvidas diversas unidades, nomeadamente, Unidades Terminais Remotas (RTU's), redes de comunicação e *FrontEnds* do Sistema SCADA [22].

Um *FrontEnd* é um computador industrial que pode comunicar com várias subestações AT/MT e que desempenha o processamento dos dados e comunicação relativos à gestão das várias subestações.

Os *FrontEnds* encontram-se localizados em edifícios específicos da EDP distribuídos em diferentes pontos do território de Portugal e são divididos em dois polos: Polo Norte e Polo Sul.

Os *FrontEnds* pertencentes ao Polo Norte encontram-se localizados em Braga, Ruivães, Vila Real, Ermesinde, Aveiro, Seia, Coimbra e Castelo Branco.

Os *FrontEnds* pertencentes ao Polo Sul encontram-se presentes em Leiria, Olho de Boi, Loures, Palhavã, Carenque, São Sebastião, Beja e Loulé.

A Figura 5.1 ilustra a distribuição geográfica dos *FrontEnds* pertencentes ao Polo Norte e ao Polo Sul.



Figura 5.1 – Localização dos *FrontEnds*.

Os *FrontEnds* possuem uma base de dados sincronizada com as bases de dados existentes nas RTU's (nos novos sistemas denominadas por Unidades Centrais (UC))” das subestações. Deste modo, todos os elementos das subestações são identificados de forma única no sistema, tendo associado um valor analógico ou digital. O valor associado depende do protocolo utilizado pela RTU. Os valores dos elementos na RTU e nos *FrontEnds* devem ser iguais para a comunicação ser realizada corretamente [64].

A Figura 5.2 ilustra a comunicação do SPCC com os Centros de Comando.

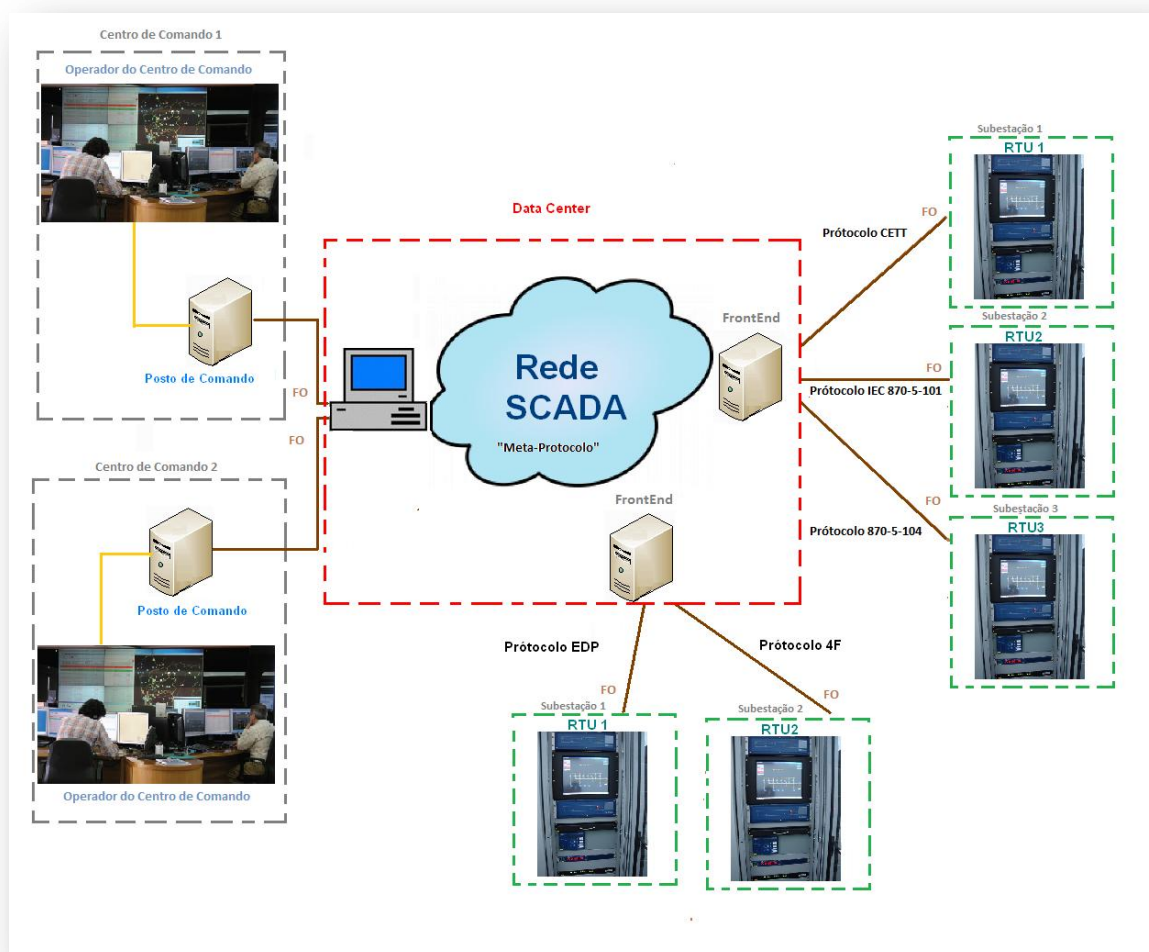


Figura 5.2 – Comunicação dos SPCC's com Centros de Comando.

Para que se estabeleça a comunicação entre o SPCC e o *FrontEnd*, o *FrontEnd* dialoga continuamente com as RTU das subestações a que se encontra ligado, obtendo o estado e eventos dos equipamentos [22].

As RTU utilizam protocolos *standards* IEC 870-5-101 e 104 e proprietários CETT, PUR, EDP e 4F para comunicarem com o *FrontEnd*. A informação recolhida dos protocolos é recebida pelas diversas portas série constituintes dos *FrontEnds* através do meio de transmissão por fibra ótica. No caso do protocolo IEC870-5-104 é usado o interface *Ethernet*. Após terem recebido os dados, os *FrontEnds* decodificam os protocolos de comunicação em um único protocolo de comunicação (“Meta- Protocolo”), facilitando a tarefa dos servidores SCADA, e transfere a informação para os servidores SCADA em serviço [22], [64].

Por sua vez, os servidores SCADA processam imediatamente essa informação endereçada e enviam-na através da rede de telecomunicações para o Posto de Operação do Centro de Comando. Este computador irá receber as sinalizações, os eventos e estados dos equipamentos que permitirá o Operador de Comando ter conhecimento do estado da rede elétrica e tomar decisões de aceder às instalações para fazer o comando desses equipamentos. Basicamente, os sistemas SCADA fazem o tratamento imediato dos dados das RTU, geram alarmes, atualizações dos diagramas de supervisão, listas com estados dos elementos, listas de alarmes ou gráficos em tempo real. Estes dados são formatados e apresentados ao operador do centro de comando numa forma simples e rápida de interpretar. Para além disto, o SCADA permite traduzir e processar as ordens do operador de comando e fazer uma análise da evolução do sistema.

Em conclusão, os sistemas SCADA são uma mais-valia pois mostram a informação em tempo real de todos os estados e eventos de todos os elementos presentes nas subestações e permitem resolver, ou pelo menos mitigar, também em tempo real as anomalias que possam ocorrer.

### **5.1.2. Teleproteções**

As teleproteções são equipamentos que recorrem às telecomunicações para envio rápido de sinais entre equipamentos de proteção colocados em diferentes pontos da rede elétrica, para que estes possam tomar decisões rápidas, mais adequadas à localização do defeito na rede. Este procedimento só é conseguido devido ao facto dos equipamentos de proteção terem a capacidade de determinar a distância ao defeito através do valor de impedância medido pelos transformadores de corrente e de tensão [22].

O canal de comunicação utilizado pelos equipamentos pode ser implementado através de diversas tecnologias. No entanto, a EDP Distribuição utiliza na grande maioria dos casos a fibra ótica direta, principalmente devido às características de alta fiabilidade que possui ou, em alguns casos particulares, canais tributários PDH, comunicando também sobre a fibra ótica. As Figuras 5.3 e 5.4 mostram duas possibilidades de comunicação entre as duas proteções de uma linha aérea de AT, usando equipamentos de teleproteção.

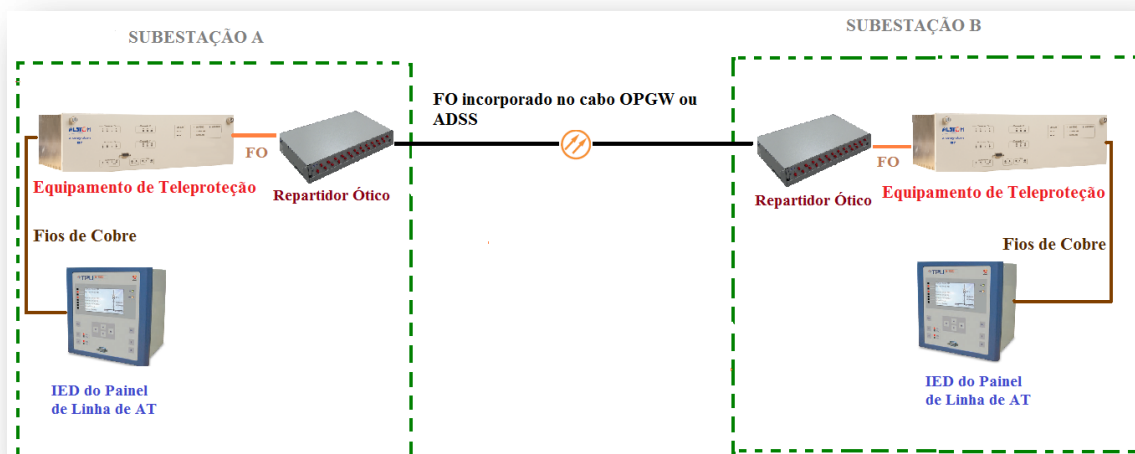


Figura 5.3 – Ligação direta dos IED's.



Figura 5.4 – Ligação entre os IED's utilizando o PDH.

#### 5.1.2.1. Esquemas de teleproteção

A teleproteção pode ser implementada através de diversos esquemas. Existem dois tipos principais de esquemas de teleproteção de disparo [22]:

- ✓ **Transferência de disparo** – esquema em que o equipamento de proteção de um terminal quando reconhece o defeito envia um sinal de disparo para que o equipamento do terminal oposto da linha atue.

Dentro deste esquema encontram-se os esquemas *Direct Underreaching Transfer Trip* (DUTT), *Permissive Underreaching Transfer Trip* (PUTT) e *Permissive Overreaching Transfer Trip* (POTT).

✓ **Bloqueio de disparo**- esquema em que o equipamento de proteção de um terminal quando reconhece um defeito externo envia um sinal de bloqueio para que o equipamento do terminal oposto da linha não atue.

Dentro deste esquema encontram-se os esquemas *Directional Comparison Blocking* (Blocking) e o *Directional Comparison Unblocking* (Unblocking).

### 5.1.3. Proteções diferenciais

As proteções diferenciais são proteções/IED's que possuem como função principal de proteção, a função diferencial. A função de proteção diferencial, baseia-se na comparação contínua dos valores de amplitude e de fase da corrente de entrada e de saída na zona de proteção de uma linha.

Em cada extremo da zona de proteção de uma linha existe um disjuntor, que atua (abre ou fecha) consoante o comando do IED associado [22]. As Figuras 5.5 e 5.6 ilustram os dois tipos possíveis de comunicação entre os IED's.

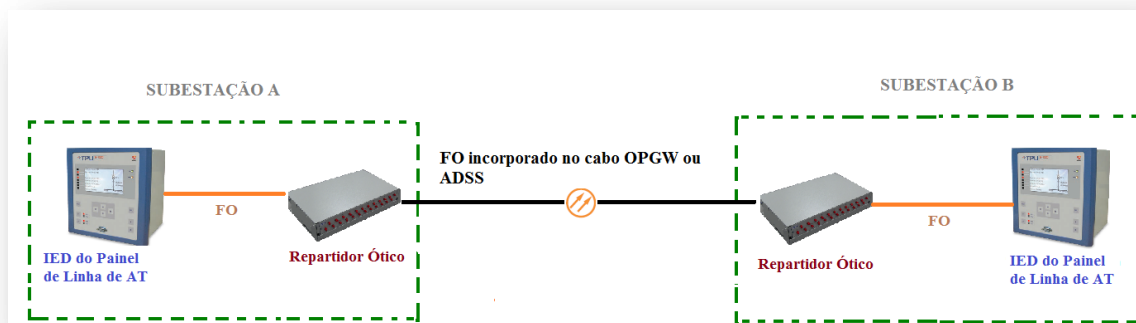


Figura 5.5 – Ligação direta entre os IED's.

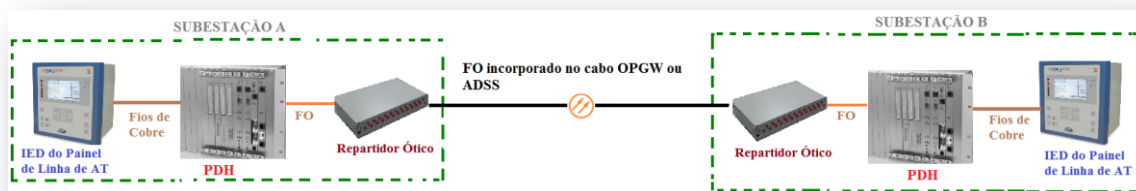


Figura 5.6 – Ligação entre IED's através do PDH.



Para um IED adquirir constantemente o valor da intensidade de corrente de uma linha, necessita da ajuda auxiliar de um transformador de corrente, para transformar a intensidade de corrente da linha numa corrente apropriada aos componentes internos do IED. Deste modo, o IED de um extremo da linha AT adquire o valor da intensidade de corrente na linha e irá comunicar esse valor através do canal de comunicação ao IED do outro extremo da linha. O IED que recebe a informação do valor da intensidade de corrente do outro extremo vai comparar com o seu valor de corrente adquirido. Caso os dois valores de intensidade de corrente sejam iguais, dentro de uma tolerância adequada parametrizada no equipamento, pressupõe-se que não ocorreu nenhum defeito e a comparação contínua. Se os dois valores de intensidade de corrente forem diferentes, excedendo a tolerância parametrizada no equipamento, pressupõe-se que ocorreu um defeito na zona protegida [22].

Após se aperceberem que aconteceu um defeito na zona protegida, cada IED irá mandar um comando de abertura ao disjuntor, de modo a colocar fora de serviço a linha de AT até que o defeito desapareça.

Tendo em conta a elevada exigência de disponibilidade e velocidade destes sistemas, o meio de comunicação, normalmente, utilizado na EDP Distribuição para os interligar é a fibra ótica.

## **5.2. Suporte a serviços de apoio à gestão, operação e manutenção da rede elétrica**

### **5.2.1. Teleengenharia**

A teleengenharia é também um serviço disponibilizado pelo SPCC e tem as seguintes funções [65]:

- ✓ Alteração de parâmetros e do modo de funcionamento das funções de automatismo e proteção dos IED's;
- ✓ Recolha de dados relativos ao registo de acontecimentos e de oscilopertubografia residentes nas unidades de painel;
- ✓ Alteração dos parâmetros e da configuração da Unidade de Processamento Central do SPCC;
- ✓ Recolha de dados resultantes das funções próprias de autodiagnóstico que verifica continuamente o estado dos IED's e da Unidade de Processamento Central.

As funções anteriormente referidas, são executadas a partir dos Polos Técnicos de Operação e Manutenção por via *Ethernet* ou pela rede telefónica privativa suportada na rede PDH.

### 5.2.2. Telecontagem

A maior parte das subestações tipo de AT/MT já possui um Armário de Contagem no seu Edifício de Comando. Este armário possui equipamentos de contagem e de telecontagem. Os equipamentos de contagem de energia permitem obter os valores de energia nos diferentes painéis da subestação que disponibilizam esta medida, através da recolha diária de impulsos. Depois do equipamento de contagem desempenhar a sua função, o equipamento de telecontagem converte os impulsos de energia recolhidos pelo equipamento de contagem em mensagens codificadas [65]. Estas mensagens são enviadas para uma unidade central de tratamento localizada à distância por um canal via *Ethernet* ou pela rede telefónica privativa suportada na rede PDH.

### 5.2.3 Qualidade de Energia Elétrica

#### 5.2.3.1. Importância da qualidade de energia

A energia elétrica é um bem necessário no quotidiano da população e no desenvolvimento económico e social do país, por isso, é imprescindível existir qualidade e continuidade no fornecimento de energia elétrica por parte da EDP Distribuição.

A qualidade de energia elétrica existe, quando a energia fornecida por um sistema elétrico garante o funcionamento dos equipamentos sem se verificarem alterações significativas nos seus desempenhos, de acordo com as normas e regulamentação em vigor.

Cada vez mais é exigido à EDP Distribuição níveis mais elevados de fiabilidade no fornecimento de energia elétrica, redução da quantidade e da duração das interrupções de serviço. Com base nestes pressupostos, a EDP Distribuição tem vindo a desenvolver um programa ambicioso de monitorização da qualidade de energia de acordo com o Regulamento de Qualidade de Serviço [66].

### 5.2.3.2. Metodologia da monitorização da qualidade de energia

A monitorização da qualidade de energia pode ser efetuada nas subestações de AT/MT e MT/BT e nos clientes sensíveis a perturbações. A monitorização é efetuada através de dispositivos de registo portáteis que permitem realizar medidas de tensão e corrente [66], [67]. No entanto, o papel da rede de telecomunicações privativa da EDP Distribuição só entra na parte da monitorização das subestações.

A Figura 5.7 ilustra, a topologia da rede de comunicações na monitorização da qualidade de energia.

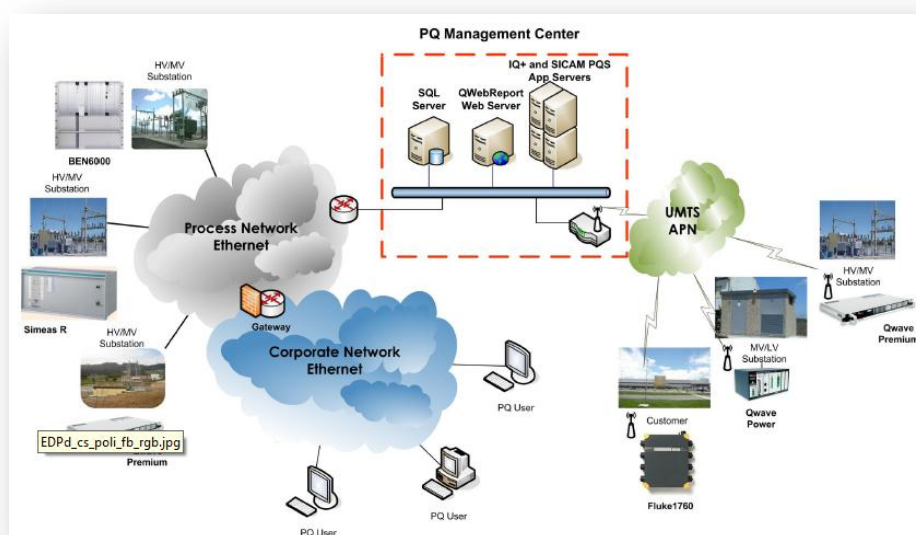


Figura 5.7 – Rede de comunicações na monitorização da qualidade de energia [67].

Os dispositivos de registo portáteis encontram-se no Edifício de Comando a efetuar continuamente as suas medições. Cada vez que recolhe uma medida, esta será enviada através da rede telefónica ou Ethernet privativa ou rede pública UMTS, para um servidor central que armazena todos os dados recolhidos num banco de dados SQL [66]. Assim, o papel do departamento onde se realizou o estágio, é apenas fornecer um canal de comunicação para o serviço de monitorização da qualidade de energia.

### 5.3. Tendências futuras

#### 5.3.1 InovGrid

*InovGrid* é o nome dado ao projeto piloto da EDP Distribuição que aborda o conceito de SmartGrids e tem como objetivos fazer face, primariamente à eficiência operacional e à qualidade de serviço e, secundariamente à eficiência energética, produção distribuída e a veículos elétricos (Figura 5.8). Estes desafios secundários tornam a manutenção da rede elétrica mais complexa, o que exige que a rede elétrica seja mais inteligente, isto é, monitorize, reporte, analise, processe e memorize através do estabelecimento de comunicações entre equipamentos inteligentes distribuídos pela rede [68].



Figura 5.8 – Desafios do projeto *InovGrid* [68].

O Projeto *InovGrid* assenta particularmente na rede de baixa tensão, desde a transformação de energia de MT para BT até ao cliente final, uma vez que a rede de MT, AT e MAT já possuem capacidade de automação e controlo remota. Uma das linhas de atuação do *InovGrid* assenta na substituição de contadores tradicionais dos clientes finais por dispositivos de gestão do cliente e da rede de BT, designados por dispositivos *Energy Box* [69].

O *Energy Box* tem como objetivo controlar a qualidade de serviço prestada e fazer a gestão mais eficiente da rede de BT, através do envio de dados de monitorização de grandezas elétricas relevantes. Com estes equipamentos, os clientes finais podem ter mais liberdade na escolha do fornecedor de energia elétrica, informação sobre os custos e gastos de energia elétrica e capacidade de gerir a fatura de energia elétrica. Com base nestes serviços que o

equipamento *Energy Box* possui, o cliente final fica com conhecimentos sobre os seus perfis de consumo, podendo tirar proveito disso para poupar energia elétrica [68], [69].

Para além dos *Energy Box*, são instalados nos postos de transformação de MT/BT os equipamentos *Distribution Transformer Controller* (DTC) que permitem fazer a gestão do transformador de potência, da rede de BT associada e dos *Energy Box* dessa mesma rede. A comunicação entre os DTC's e os EB's é realizada através da tecnologia PLC e, de forma complementar, da GPRS, enquanto a comunicação entre os Sistemas Centrais e os DTC's é realizada através de ligações GPRS/UMTS. A Figura 5.9 mostra a arquitetura do projeto InovGrid.

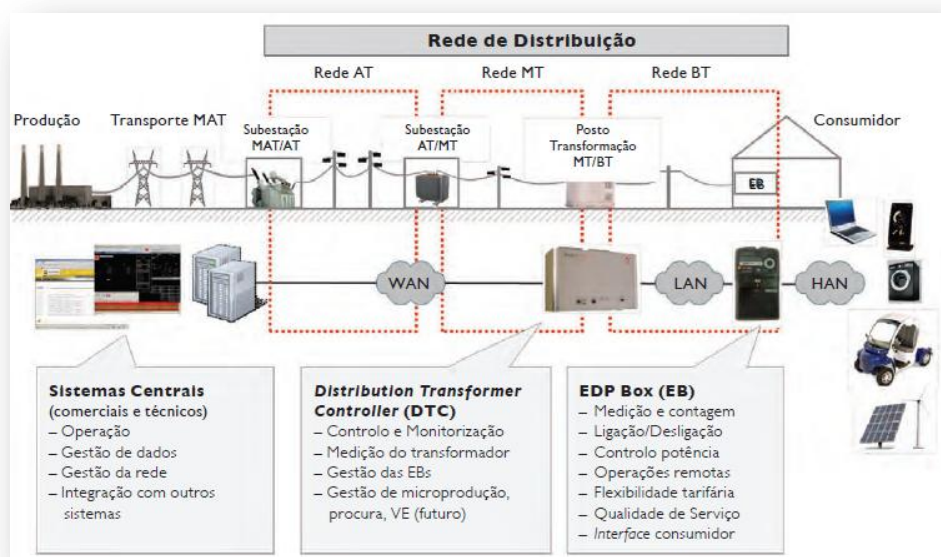


Figura 5.9 – Arquitetura do projeto InovGrid [69].

O projeto piloto *InovGrid* foi implementado no município de Évora por respeitar um conjunto de critérios relevantes para o projeto, como a dimensão, tipo de rede elétrica, nível médio de consumo, entre outros critérios. Depois da implementação do projeto *InovGrid* em Évora a EDP Distribuição pretende avançar com uma campanha para a instalação de mais de 100.000 EDP Box em sete regiões do país [68].

Pelo anteriormente exposto, as telecomunicações desempenharão um papel fulcral no suporte à troca de dados inerente ao conceito do projeto *Inovgrid*.

A utilização de redes privadas ou públicas de telecomunicações ou um mix das duas soluções, para suporte destas redes inteligentes é ainda alvo de estudo no seio da EDP Distribuição.

#### **5.4. Conclusão**

Para dar o suporte ao comando e controlo da rede elétrica é imprescindível, existir uma constante troca de informação entre as Unidades Terminais Remotas (RTU's) localizadas nas subestações e os sistemas SCADA localizados em pontos estratégicos da rede. Além disso, uma proteção eficiente e segura da rede exige a utilização de sistemas de proteção e teleproteção, os quais necessitam de trocar informação entre si, de forma a contribuir para uma maior disponibilidade da rede elétrica.

Outros serviços complementares de suporte à monitorização, gestão e manutenção da rede elétrica como a Teleengenharia, Telecontagem e Monitorização da Qualidade de Energia exigem uma troca de dados entre os equipamentos localizados no terreno e servidores centralizados.

De igual modo, as redes inteligentes do futuro, já em teste no Projecto *InovGrid* trarão elevados níveis de exigência de troca de informação relacionada com o estado dos equipamentos localizados na rede de BT.

Para suporte a todas as situações acima referidas, a rede de telecomunicações privativa existente na EDP assume um papel fundamental, garantindo os canais de passagem de informação de forma fiável, segura e resiliente.

## 6. Atividades de Acompanhamento Realizadas

Por forma a complementar e solidificar os conhecimentos teóricos sobre equipamentos de telecomunicações adquiridos durante o estágio, foram efetuados diversos acompanhamentos dos técnicos da EDP Distribuição na realização de atividades no terreno.

No presente capítulo será efetuada uma breve descrição de cada uma das atividades desenvolvidas, bem como a motivação que lhe deu origem.

### 6.1. Atividade 1

**Localização:** Subestação da Corrente em Coimbra;

**Data:** 06/03/2013

**Missão:** Visitar a subestação e esclarecer eventuais dúvidas;

**Justificação:** Esta missão foi necessária pelo facto de juntar à componente teórica uma visualização real do que foi abordado na mesma.

**Procedimento:**

A primeira atividade decorreu na subestação da Corrente, em Coimbra, no dia 6 de março de 2013. O objetivo principal desta atividade foi a visita a uma subestação e o esclarecimento de eventuais dúvidas sobre os equipamentos e procedimentos operacionais. Esta missão foi necessário pelo facto de juntar à componente teórica uma visualização real do que foi abordado na mesma.

Antes de se entrar numa subestação deve-se estar munido de equipamento de segurança de proteção individual, que inclui capacete e botas de biqueira de aço.

O primeiro procedimento a ter ao entrar numa subestação, é ligar ao despacho, de forma a informar que está pessoal dentro da subestação da EDP.

A subestação da Corrente é uma subestação de AT/MT com duas linhas de AT e 7 saídas de MT.

A visita à subestação foi dividida em duas partes: edifício de comando e aparelhagem de AT no exterior.

No edifício de comando foi descrito resumidamente o funcionamento dos quadros que compõem o Quadro Metálico de MT e o funcionamento dos Armários de Comando e Controlo.

Na aparelhagem exterior foram identificados os vários equipamentos.

## 6.2. Atividade 2

**Localização:** Sala de Comunicações da subestação de Seia

**Data:** 26/03/2013.

**Missão:** Criação de redundância de gestão da rede PDH e de serviços de comunicações entre Seia e Vila da Rua.

**Justificação:** Esta missão foi necessária pelo facto da subestação de Vila da Rua se encontrar em ponta. Este procedimento foi urgente ser realizado uma vez que existe um cabo problemático na ligação entre Seia e Vila da Rua que a qualquer momento poderia “cair” e pôr em causa o telecomando desta subestação.

### **Procedimento:**

A Figura 6.1 ilustra, a única ligação entre Seia e Vila da Rua antes de ser estabelecida a nova ligação.

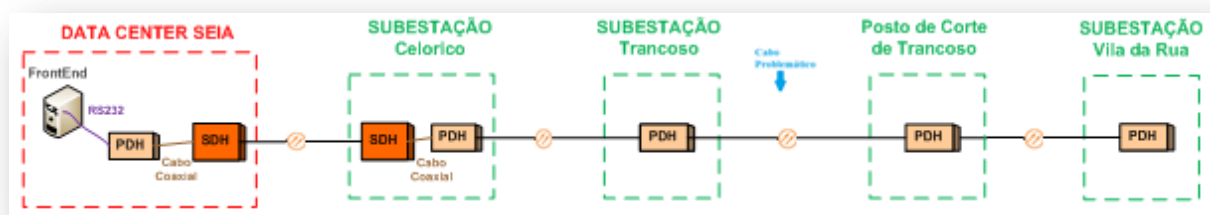


Figura 6.1 – Ligação entre Seia e Vila da Rua antes de efetuar o procedimento.

A ligação entre Seia e Vila da Rua é importante devido a ser esta que garante a interligação da RTU de Vila da Rua com o SCADA, e consequentemente, que permite o seu telecomando.

Neste caso, se ocorrer alguma anomalia em qualquer um dos cabos que faz a ligação entre Seia e Vila da Rua, os *FrontEnds* não têm como transmitir ao Centro de Comando a



informação em tempo real desta subestação. Além deste problema, não se conseguiria estabelecer o serviço de supervisão dos equipamentos PDH de algumas subestações.

Para criar redundância foi necessário fazer um estudo através do encaminhamento de *time-slots* por caminhos diferentes da rede PDH, de modo a criar uma segunda ligação entre Seia e Vila da Rua. No entanto, como não havia nenhum trajeto de Seia até Vila da Rua através de ligações de PDH, aproveitou-se o facto de Seia possuir um SDH para fazer a segunda ligação de Seia a Vila da Rua através de um trajeto entre equipamentos SDH. Como a subestação de Vila da Rua não possui nenhum SDH e como o local mais próximo de Vila da Rua que possui SDH é Varosa, então estabeleceu-se uma ligação entre o SDH de Seia e o SDH de Varosa. Para encaminhar os *time-slots* de Varosa para Vila da Rua utilizou-se o trajeto de equipamentos PDH de Varosa a Vila da Rua. A Figura 6.2 ilustra a redundância entre Seia e Vila da Rua.

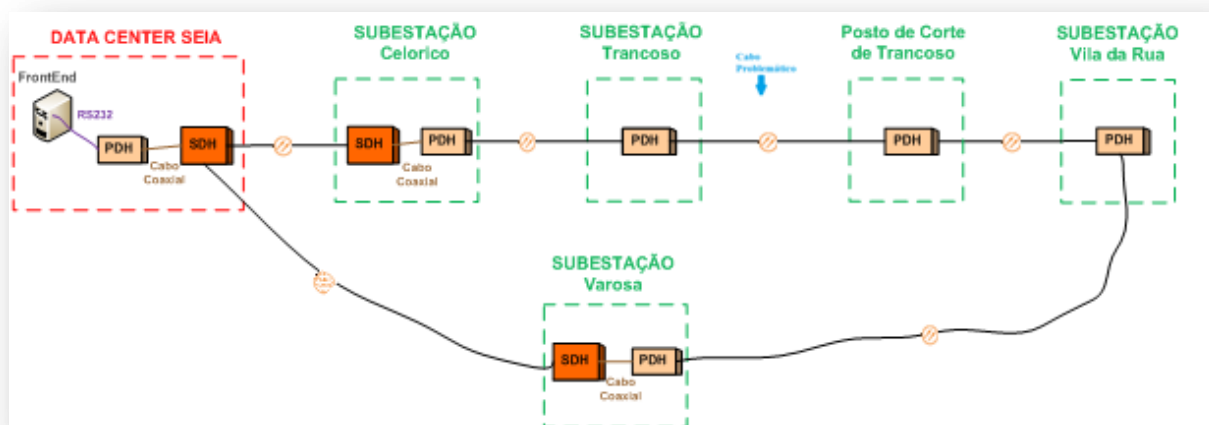


Figura 6.2 – Criação da Redundância entre Seia e Vila da Rua.

A deslocação a Seia foi necessária uma vez que se teve de ligar fisicamente o feixe E1 que possui os *time-slots* de serviço e de gestão da rede PDH a um feixe disponível do SDH. Com a ajuda de um computador ligado no local, foi possível visualizar o encaminhamento dos *time-slots* para através de um *software* InLoco que permite a gestão local de todas as cartas do equipamento PDH. Nesta nova ligação foi reservado um *time-slot* para a gestão, para posteriormente ser utilizado.

### 6.3. Atividade 3

**Localização:** Subestação de Mangualde.

**Data:** 04/04/2013

**Missão:** Supervisão da instalação de um repartidor da OPTIMUS no Bastidor de Fibras Óticas na subestação de Mangualde e encaminhamento dos serviços da OPTIMUS no PDH da subestação de Mangualde.

**Justificação:** Esta missão foi necessária pelo facto da OPTIMUS querer estabelecer redundância de comunicações ao *Contact Center* da EDP em Seia.

**Procedimento:**

Para fazer o encaminhamento de serviços para o *Contact Center* de Seia, a OPTIMUS utilizou as infraestruturas já existentes em Mangualde, nomeadamente, cabos de fibra óticos da PT distribuídos em condutas, Caixa de Visita Pública e a subestação de Mangualde da EDP.

A Figura 6.3 ilustra o caminho do cabo de fibras óticas da OPTIMUS desde a conduta próxima da subestação, à subestação propriamente dita.



Figura 6.3 – Encaminhamento dos serviços da OPTIMUS.

Antes de se iniciarem os trabalhos relativos à instalação do cabo de fibras óticas por parte da OPTIMUS, foi necessário a EDP Distribuição aprovar as Fichas de Prevenção e de Segurança (FPS) fornecidas pela OPTIMUS. Estas fichas devem incluir as medidas preventivas e de

proteção contra a ocorrência de acidentes, assim como as medidas a tomar em caso da sua ocorrência. Após a aprovação das fichas e do pedido de autorização à EDP Distribuição para enviar os seus serviços através da rede de fibras óticas da EDP Distribuição disponível na Subestação de Mangualde, a OPTIMUS pode ter acesso à subestação com a supervisão de um técnico da DAT.

Para além disto, a PT disponibilizou 2 fibras óticas (uma para transmissão e outra para a receção) num cabo local existente com capacidade de 36 fibras para o encaminhamento de serviços até à subestação de Mangualde.

A conduta mais próxima da subestação encontra-se aproximadamente a 160 m e é nesta conduta que é realizada a transição dos serviços do cabo da PT para um cabo da OPTIMUS que será instalado até ao bastidor de fibras óticas da subestação.

A transição do cabo da PT para o cabo da OPTIMUS é realizada através da fusão das 2 fibras do cabo da PT para duas fibras do cabo da OPTIMUS.

Para encaminhar os serviços entre as fibras do cabo da PT para as fibras do cabo da OPTIMUS é necessário fazer uma “sangria” de 2 fibras de um *tube-loose* de 12 fibras, isto é, aceder a duas fibras sem cortar as restantes 10 fibras.

### **Etapa 1: Realização da “Sangria”**

O procedimento para realizar a “sangria” divide-se nos seguintes pontos:

**Ponto 1:** Remoção da capa do tubo;

**Ponto 2:** Remoção do *tube-loose* (Figura 6.4);



Figura 6.4 – Remoção do *tubo-loose*.

**Ponto 3:** Remoção do gel que une as fibras através do uso de álcool e de papel;

**Ponto 4:** Escolha de 2 fibras óticas sem serviços, através do auxílio de um dispositivo que permite avaliar se as fibras óticas possuem tráfego. Este dispositivo para além de verificar se as fibras óticas possuem tráfego (Figura 6.5) permite indicar o sentido do tráfego nas que possuem serviços.

Este passo é fundamental, uma vez que se não fosse efetuado, estar-se-ia a correr o risco de cortar fibras óticas em serviço de clientes da PT.



Figura 6.5 – Verificação de serviços das fibras.

**Ponto 5:** O corte das fibras foi realizado de forma manual, mas para obter um corte no ângulo de 90° foi necessário utilizar um dispositivo que faz um risco na fibra (máquina de corte).



Figura 6.6 – Corte da fibra no ângulo de 90 graus.

## **Etapa 2: Encaminhamento dos serviços até ao bastidor de fibra ótica**

O encaminhamento dos serviços até ao bastidor da fibra ótica divide-se nos seguintes pontos:

**Ponto 1:** Realização da fusão das fibras óticas.

Para efetuar a fusão utilizou-se um dispositivo (máquina de fusões óticas) que permite fundir as extremidades das fibras óticas através de arcos voltaicos por 2 elétrodos.



Figura 6.7 – Equipamento de fusão de fibras óticas.

A presente máquina une duas fibras óticas através do processo de alinhamento automático e de fusão executada pelos elétrodos.

**Ponto 2:** Após as fibras serem fundidas, elas recebem uma proteção mecânica que se denomina por manga termocontrátil que permite proteger a zona de fusão quando arrumadas dentro da caixa de fusões (tipo torpedo).



Figura 6.8 – Fibras óticas com mangas termocontráteis arrumadas dentro da caixa torpedo.

**Ponto 3:** A caixa torpedo é uma caixa estanque (IP 65) que como o próprio nome indica, permite estar isolada de água e, deste modo, poder ficar colocada dentro da Caixa de Visita Pública (CVP).



Figura 6.9 – Caixa torpedo dentro da CVP.

**Ponto 4:** De seguida, o cabo é encaminhado até à Caixa de Visita Pública através da conduta. Após isto, o cabo é enviado para o bastidor de fibra ótica através de uma vala entre a Caixa de Visita pública e a subestação.



Figura 6.10 – Visualização da zona onde foi aberta a vala.

**Ponto 5:** Encaminhamento do cabo até ao bastidor de fibras óticas.



Figura 6.11 – Passagem do cabo pela cave.

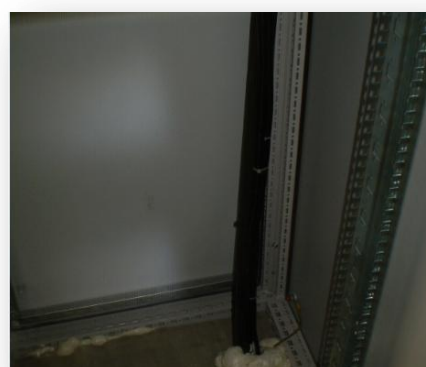


Figura 6.12 – Entrada do cabo no bastidor.





Figura 6.13 – Bastidor de Fibras Óticas com os respectivos repartidores óticos (ODF's).

### Etapa 3: Montagem e Instalação do ODF da OPTIMUS

O procedimento para instalação e construção do ODF (*Optical Distribution Frame* ou Repartidor Ótico) da OPTIMUS divide-se nos seguintes pontos:

#### Ponto 1: Construção do ODF da OPTIMUS.

Para efetuar esta instalação houve necessidade de fundir as fibras óticas do cabo da OPTIMUS no ODF. Neste caso fundiu-se 4 fibras óticas, 2 para o serviço pretendido e 2 para reserva futura.

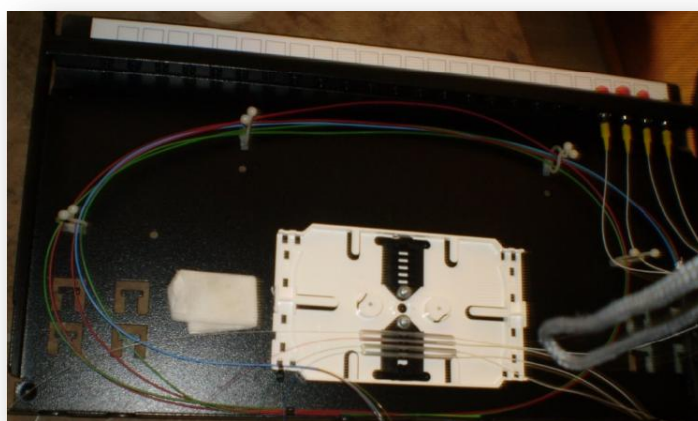


Figura 6.14 – Representação do ODF com as fibras óticas arrumadas.

#### Ponto 2: Instalação do ODF da OPTIMUS no Bastidor de Fibras Óticas.





Figura 6.15 – ODF da OPTIMUS instalado no Bastidor de Fibras Óticas.

**Ponto 3:** Ligação do ODF da OPTIMUS ao repartidor ótico de Vila Chã.



Figura 6.16 – ODF ligado ao repartidor ótico de Vila Chã.

Após a instalação do ODF da OPTIMUS no bastidor de Fibra Ótica foi necessário testar a performance dos componentes da ligação ótica desde do ODF até à caixa de fusões passando pelo cabo instalado. Para testar o nível de atenuação utilizou-se o equipamento OTDR e o ensaio realizou-se conforme foi explicado no ponto 3.1.2 (Página 26).

Os resultados do ensaio revelaram a conformidade de conetores, cabo e fusões em termos de atenuação.

#### 6.4. Atividade 4

**Localização:** Salas de comunicações das subestações de Vila Chã (REN) e Bodiosa (REN) e do Edifício EDP Repeses (Viseu).

**Data:** 28/05/2013

**Missão:** Implementação de circuito em fibra ótica para o cliente ONI através das infraestruturas da EDP Distribuição, desde a subestação de Vila Chã até ao Edifício EDP Repeses.

**Justificação:** Esta missão foi necessária pelo facto da ONI ter solicitado o estabelecimento do circuito ótico entre a subestação de Vila Chã e o Edifício EDP Repeses para efeitos de redundância à sua rede SDH.

**Procedimento:**

Para fazer o encaminhamento de serviços desde a subestação de Vila Chã (REN) até ao Edifício de Repeses foi necessário o apoio da REN para ter acesso às subestações de Vila Chã e Bodiosa, uma vez que se tratam de subestações pertencentes à RNT, que transformam MAT em AT.

A presente atividade consistiu na instalação de *patch-cords* de fibra ótica em dois locais, um par de *patch-cord* entre o repartidor do *site* de telecomunicações da ONI e a subestação de Tondela, em Vila Chã, e um segundo conjunto de *patch-cord* entre os repartidores óticos na direção de Fornelo do Monte e a subestação de Orgens, em Bodiosa. Apenas foi necessário efetuar estes dois conjuntos de *patch-cords* pelo facto do resto do encaminhamento já ter sido estabelecido por um técnico da DAT previamente, dado que não necessitava de apoio da REN para ter acesso às instalações intermédias do circuito. De referir que um circuito ótico consiste em dois caminhos de fibra ótica, um para transmissão e outro para receção de dados.

Na Figura 6.17, é apresentado um esboço do circuito destinado aos serviços ONI entre os dois pontos já mencionados.

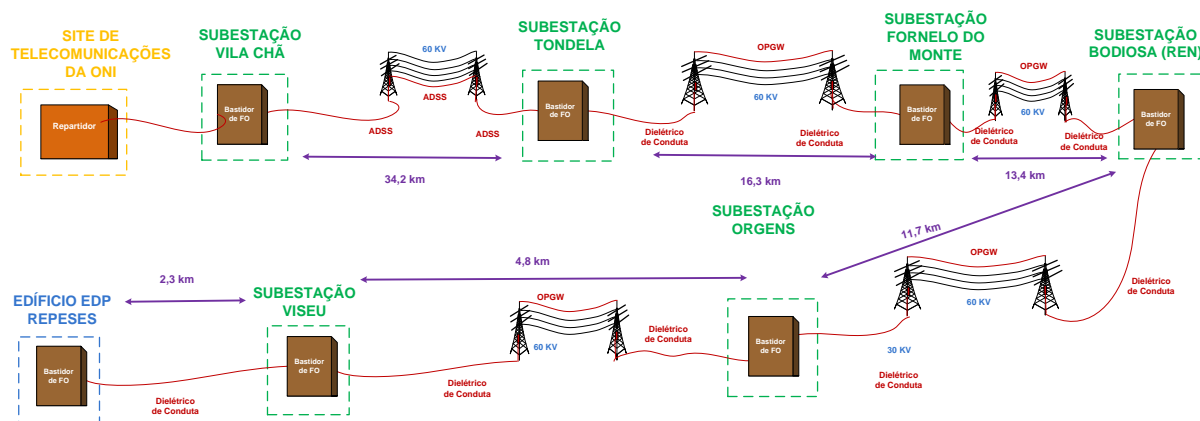


Figura 6.17 – Circuito dos serviços ONI desde de SE Vila Chã ao Edifício EDP Repeses

Para realizar o presente encaminhamento foi necessário dividi-lo em duas partes:

**Parte 1:** Realização do *patch-cord* na SE Vila Chã (REN);

**Parte 2:** Realização do *patch-cord* na SE Bodiosa (REN);

**Parte 3:** Edifício de Repeses.

### Parte 1: Realização do encaminhamento na SE Vila Chã

Nesta primeira parte, na subestação de Vila Chã foi necessário implementar um par *patch-cord* entre as fibras 15 e 16 do ODF da ONI e as fibras 23 e 24 do ODF de Tondela. A Figura 6.18 ilustra os dois ODF's. Em primeiro lugar foi feita a verificação se o circuito de comunicações de Tondela a Vila Chã se encontrava inteiro e sem problemas. Isso foi verificado através da utilização de um OTDR (Figura 6.19).



Figura 6.18 – ODF de Tondela e ODF da ONI.



Figura 6.19 –OTDR nos testes de medição do comprimento do circuito ótico

Depois foi efetuado o encaminhamento através da ligação de *patch-cords* entre as fibras referidas anteriormente. Na Figura 6.20 encontra-se presente vários *patch-cords* ligados ao ODF da ONI.

Um *patch-cord* ótico é um cabo especial contendo uma fibra ótica no seu interior e terminado em dois conectores (neste caso do tipo FC/PC). Os *patch-cords* servem para interligar dois circuitos óticos quando conectados aos adaptadores das terminações das ligações óticas localizadas nos ODF's.

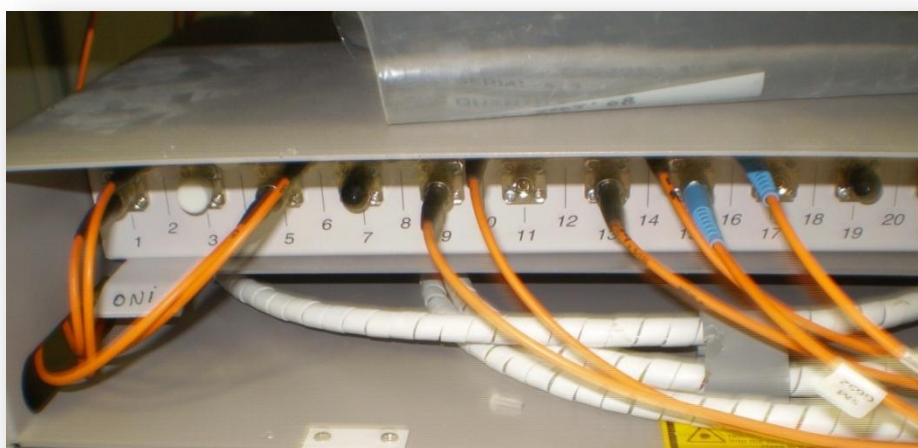


Figura 6.20 – Ligação do *patch-cord* ao ODF da ONI

Após se efetuar a ligação entre as fibras dos ODF's, a ONI realizou também testes de medição do comprimento do circuito e do nível de atenuação, verificando-se posteriormente que os valores lidos estavam em conformidade com os esperados.

## Parte 2: Realização do encaminhamento na SE Bodiosa

Nesta segunda parte, na subestação da Bodiosa, foi implementado um par de *patch-cords* entre as fibras 21 e 22 do ODF de Orgens e as fibras 23 e 24 do ODF de Fornelo do Monte. Tal como na primeira parte, também se recorreu ao OTDR para verificação prévia das condições do circuito Bodiosa - Repeses, verificando-se que o circuito estava estabelecido sem problemas.



Figura 6.21 –OTDR no teste de encaminhamento

Após esta confirmação foi realizada a ligação entre os dois ODF's através dos *patch-cords*.



Figura 6.22 – Ligação dos *patch-cords* entre os dois ODF's

### Parte 3: Edifício de Repeses

No Edifício de Repeses foi verificado através do OTDR se o caminho desde este edifício até à subestação de Vila Chã se encontrava estabelecido e sem problemas.

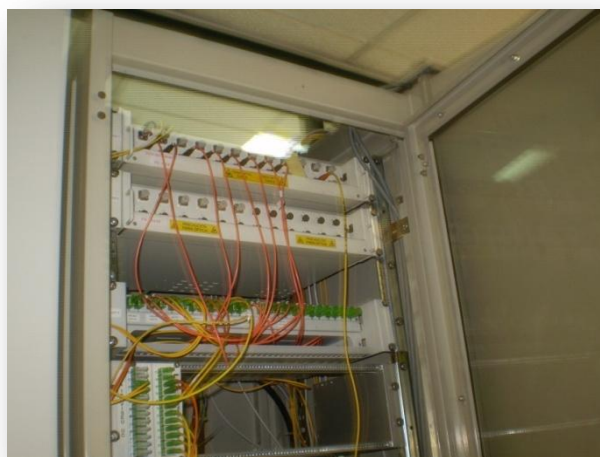


Figura 6.23 –ODF's no Edifício de Repeses



Figura 6.24 – OTDR no teste de encaminhamento

Aproveitando a deslocação, e por forma a otimizar os custos de deslocações, no Edifício de Repeses também se realizou uma inspeção (Survey) que consistiu na identificação do cabo dielétrico de conduta que liga a subestação de Viseu ao Edifício de Repeses. Esta identificação foi necessária uma vez que estão a construir um novo edifício, pois o presente

edifício encontra-se para demolição. E para isso é necessário identificar esse cabo para futuro encaminhamento para o novo edifício.

### **6.5. Conclusão**

As atividades de acompanhamento descritas no presente capítulo permitiram conhecer as instalações e equipamentos elétricos, a rede de energia elétrica e os equipamentos de telecomunicações da EDP Distribuição.

O acompanhamento destas atividades foi muito gratificante pelo facto de se ter tido a oportunidade de contactar com a componente prática do mundo das telecomunicações no seio da EDP Distribuição, aplicando e solidificando os conhecimentos teóricos adquiridos na fase inicial do estágio.





## 7. Análise e Mitigação do Risco Associado à Falha dos Equipamentos SDH

Para desenvolver uma proposta de revisão de manutenção de um equipamento, é imprescindível conhecer quais os custos e consequências que a avaria desse equipamento pode trazer para a empresa. Assim, ter-se-á de avaliar os parâmetros que são fundamentais para a empresa. Para desenvolver esta proposta não foi necessário pensar em parâmetros e na construção de uma matriz dado que a EDP Distribuição dispõe de uma Matriz de Risco padronizada e que deverá servir de base à sua política de gestão de ativos.

A Matriz de Risco da EDP Distribuição aplica-se a todos os departamentos responsáveis pela gestão e manutenção de ativos, e com base no preenchimento desta matriz, cada departamento poderá caracterizar o nível de risco de cada um dos seus ativos. Assim, a Matriz de Risco da EDP Distribuição permite quantificar os riscos, consoante o nível de severidade dado a cada parâmetro que a constitui e a probabilidade de ocorrência das falhas. Após o preenchimento dos parâmetros retirar-se-á qual o nível de risco que o equipamento ou projeto acarreta para a empresa. Com base do nível de risco obtido, poder-se-á verificar se está perante um nível de risco admissível para a empresa ou se, por outro lado se está perante um nível de risco em que se terá que atuar de forma a mitigá-lo.

Dado que a criticidade do equipamento SDH depende tipicamente do sítio onde se localiza na rede (SDH junto aos *FrontEnds* e SDH intermédios da rede), irá ser construída uma matriz de risco para cada um desses cenários, considerando em ambos uma incidência de avarias retirada do pior caso da rede.

Após uma breve descrição sobre os conceitos e técnicas de manutenção de equipamentos e sobre a recolha de informação das avarias dos equipamentos passar-se-á ao preenchimento das matrizes de risco e à descrição de medidas que a empresa EDP Distribuição poderá optar de modo a diminuir o nível de risco que os equipamentos de telecomunicações trazem para a empresa, se possível baseado numa filosofia de manutenção RCM (*Reliability Centered Maintenance*).

## 7.1. Conceitos e técnicas de manutenção de equipamentos

### 7.1.1. Equipamento e a manutenção

Um fabricante, cada vez que planeia criar um equipamento atribui-lhe uma missão consoante o nível de eficácia que deseja. Com a evolução do tempo de operação, um equipamento está sujeito à degradação das suas condições normais de funcionamento não só devido à má utilização do equipamento como devido também a causas repentinas. Assim, para combater este problema, efetua-se manutenção dos equipamentos, não só para aumentar o tempo de vida operacional do equipamento, mas também para repor os níveis corretos de operacionalidade. No entanto, o nível de manutenção pode depender do período de vida em que o equipamento se encontra. Normalmente, um equipamento possui três períodos de vida: período de infância, período de maturidade e período de degradação [70].

Na Figura 7.1 encontram-se representados os períodos de vida de um equipamento e a respetiva taxa de avarias para cada período.

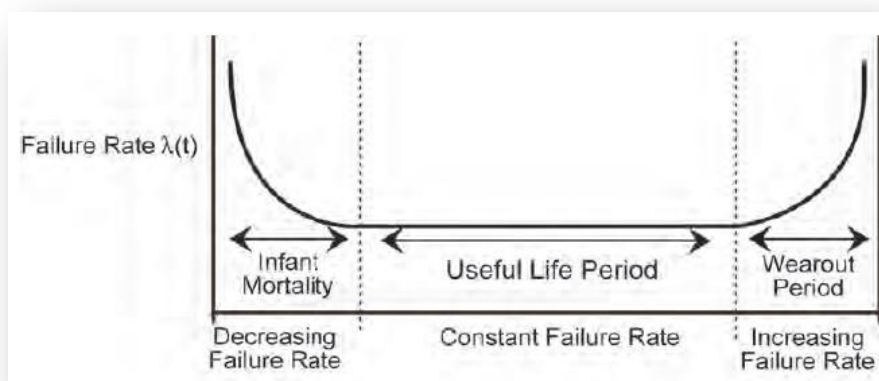


Figura 7.1 – Taxa de falhas em função do período do equipamento [71].

Durante o período infantil a taxa de falhas é elevada devido ao facto do equipamento no seu início de vida estar mais sujeito a falhas oriundas de defeitos de fabrico, erros no projeto de criação, processos de fabrico inadequados, entre outros fatores. No entanto, após a reparação desses defeitos, o equipamento torna-se capaz de cumprir a sua missão e entra no seu período de maturidade. Dentro do período de maturidade, o equipamento está menos sujeito às avarias devido ao facto de já ter eliminado os defeitos primários, e assim, a sua taxa de falhas

estabiliza para um valor quase constante. Contudo, nesta fase também podem surgir avarias, mas a sua frequência é normalmente mais reduzida. A causa destas avarias está normalmente envolvida com o meio externo, como por exemplo: condições ambientais inadequadas, má utilização, acidentes ou operação inadequada. Após uma certa idade, o equipamento entra no período de degradação ou de envelhecimento onde se encontra sujeito à corrosão, erosão, fadiga eletrónica e mecânica o que faz com que a taxa de falhas deixe de ser constante e passe a ser elevada. Este último período pode ser evitado se o utilizador efetuar uma manutenção adequada de modo a mantê-lo ativo e a prolongar o seu tempo de vida [70].

Em suma, a manutenção de um equipamento inicia-se a partir do momento em que se adquire até à velhice, com o intuito de reduzir a frequência do número de falhas e a prolongar o seu tempo de vida.

#### **7.1.2. Importância da manutenção**

A manutenção de um equipamento não serve apenas para garantir as condições normais de funcionamento, mas também para garantir a segurança das pessoas e dos equipamentos que o rodeiam, aumentar o rendimento do equipamento de modo a evitar desperdícios, aumentar a disponibilidade e diminuir os custos associados à não manutenção. É importante ter em conta que, ao fazer a manutenção a um equipamento, não se conseguem garantir todos estes fatores como desejado, mas é da responsabilidade da gestão da manutenção definir um plano de manutenção apropriado para o equipamento em causa e para a empresa [72].

#### **7.1.3. Custos associados à manutenção**

Os custos de manutenção de um equipamento englobam os custos de mão-de-obra, custos de transporte do pessoal de manutenção, custos de materiais, despesas com seguros, consumos de energia, custos de amortização, entre outros.

#### 7.1.4. Tipos de manutenção

A manutenção de um equipamento é dividida em duas partes: Manutenção Proactiva e Corretiva ou Reativa. No entanto, também existe a metodologia de manutenção RCM que permite definir um plano de manutenção apropriado ao equipamento, utilizando uma combinação eficaz de manutenção proactiva com manutenção reativa [70].

##### 7.1.4.1. Manutenção Proactiva

A manutenção proactiva é realizada antes de a avaria ocorrer, de modo a prevenir que o equipamento sofra um maior número de avarias. Dentro da manutenção proactiva, existe a manutenção preventiva sistemática e a manutenção preventiva condicionada.

##### 7.1.4.1.1. Manutenção Preventiva Sistemática

A manutenção preventiva sistemática baseia-se num conjunto de inspeções periódicas ao equipamento, onde se pode fazer a limpeza dos equipamentos, substituição de equipamentos com vida limitada, ajustes, medidas, entre outras operações. A atribuição da periodicidade de manutenções preventivas sistemáticas num equipamento depende do tempo intermédio entre falhas de modo a impedir ou minimizar a sua degradação.

A realização da manutenção preventiva sistemática assegura o correto funcionamento dos equipamentos, controlo da degradação e consequentemente tende a reduzir a frequência de falhas e a prolongar a vida útil do equipamento, o que se traduz numa economia de custos.

Tabela 7.1 – Vantagens e desvantagens da Manutenção Preventiva Sistemática [71].

Vantagens	Desvantagens
Aumento do ciclo de vida do equipamento;	As falhas catastróficas têm possibilidade de ocorrência;
Economia de energia;	Mão-de-obra intensiva;
Redução do número de falhas do equipamento;	Inclui a realização de manutenção desnecessária;
Estima-se que se poupe entre 12 a 18% dos custos em relação à aplicação de uma manutenção corretiva.	Ocorrência de potenciais danos acidentais no equipamento durante este tipo de manutenção.

#### 7.1.4.1.2. Manutenção Preventiva Condicionada

A manutenção preventiva condicionada é uma manutenção preventiva que é realizada conforme o estado real do equipamento. Assim, este tipo de manutenção só entra em ação quando o equipamento mostrar alarmes, medidas incorretas ou indicações de que o funcionamento do equipamento já não é o correto ou o estabelecido pelo fabricante, ou seja, deteta-se o início da degradação do equipamento. Este tipo de manutenção é muito útil, pois a intervenção é realizada antes que ocorra a avaria propriamente dita e apenas quando o equipamento mostrar o seu mau funcionamento, o que é compensatório, uma vez que permite que certas avarias acidentais sejam eliminadas ou controladas, antes da ocorrência de qualquer significativa deterioração do estado físico dos componentes.

Tabela 7.2 – Vantagens e desvantagens da Manutenção Preventiva Condicionada [71].

Vantagens	Desvantagens
Aumento do tempo de vida operacional do equipamento;	Aumento do investimento em equipamentos de diagnóstico;
Diminuição da inatividade do equipamento;	Aumento do investimento na formação dos técnicos;
Diminuição dos componentes do equipamento e da mão-de-obra;	O potencial de poupança não é facilmente visto pela administração;
Economia de energia;	Tempo de aviso aleatório;
Estima-se uma economia de cerca de 12 a 18% dos custos ao longo do programa de manutenção preventiva sistemática.	

#### 7.1.4.2. Manutenção Reativa

A manutenção reativa introduz-se quando o equipamento já avariou, ou seja é uma manutenção que intervém no equipamento depois de ele avariar e que não toma nenhuma ações ou esforços para manter o equipamento com as condições de operacionalidade iniciais. Este tipo de manutenção designa-se por manutenção corretiva ou curativa devido ao facto do tempo de pré-aviso não ser suficiente para os técnicos intervirem ou porque não houve pré-aviso, simplesmente o equipamento avariou. O facto de as avarias serem por vezes imprevisíveis, torna esta manutenção uma mais-valia para o equipamento e a única solução de modo a resolver a avaria no equipamento.

O tempo médio de uma manutenção corretiva depende de vários fatores, desde o tempo da detecção da avaria, passando pelo tempo de despiste, tempo de preparação de saída dos técnicos, tempo de deslocação dos técnicos, até ao tempo de intervenção no equipamento. Quanto maior for o tempo de intervenção maior será o custo para a empresa, originado pelos custos diretos de intervenção e por custos indiretos que a falha dos equipamentos pode causar. A filosofia que este tipo de manutenção utiliza resulta em encurtar o tempo de vida do equipamento e consequentemente na sua substituição mais cedo do que era previsto.

O custo médio de reparação de um equipamento neste caso é normalmente maior do que o normal, porque a falha provavelmente irá exigir reparações mais extensas do que apenas fosse necessário fazer a manutenção preventiva antes que o equipamento avariasse.

Tabela 7.3 – Vantagens e desvantagens da Manutenção Reativa [71].

Vantagens	Desvantagens
Baixo custo motivado pela não realização de manutenções desnecessárias;	Aumento do custo devido às paragens não programadas dos equipamentos;
	Aumento do custo principalmente nas horas extras;
Intervenção realizada com menos pessoal;	Custos envolvidos com reparação e substituição do equipamento;
	Uso ineficiente de recursos humanos

#### 7.1.4.3. Metodologia “*Reliability Centered Maintenance*”

A metodologia RCM (*Reliability Centered Maintenance*) é uma metodologia que tem como objetivo otimizar a relação custo/ benefício da manutenção aplicada a um determinado equipamento [58].

A metodologia RCM combina as manutenções proactiva e reativa. Esta combinação é uma mais-valia devido ao facto de que para cada avaria é estudado o tipo de manutenção apropriada. Assim, esta metodologia começa por fazer um estudo para um determinado equipamento, determinando quais são os modos de falha possíveis e associar a cada modo de falha uma técnica de manutenção que permita assegurar a segurança das pessoas, uma maior disponibilidade dos equipamentos ou serviços, proteção do meio ambiente e a redução de desperdício de tempo que resulta posteriormente uma redução dos custos de manutenção.

A metodologia RCM possui a facilidade de ajustar os recursos às necessidades, melhorando desta forma a fiabilidade e reduzindo o custo.

Tabela 7.4 – Vantagens e desvantagens da metodologia RCM [71].

Vantagens	Desvantagens
Pode ser o programa de manutenção mais eficiente;	Pode ter custo inicial significativo, treino da equipa, equipamento;
Redução dos custos através da eliminação desnecessária de manutenção ou revisões;	
Redução da probabilidade de falhas repentinas nos equipamentos;	Potencial de poupança não é facilmente visto pela administração
Minimizar a frequência de revisões;	
Aumento da confiabilidade dos componentes.	

É importante referir que tanto a criticidade do equipamento como o custo do tempo de inatividade do equipamento permitem determinar a melhor combinação de elementos de manutenção. Assim, com base na Tabela 7.5 visualizam-se as aplicações para os tipos de manutenção consoante o estado do equipamento.

Tabela 7.5 – Aplicações típicas dos tipos de manutenção aplicados numa decisão RCM [71].

Hierarquia do RCM		
Aplicações da manutenção corretiva	Aplicações da manutenção preventiva sistemática	Aplicações da manutenção preventiva condicionada
Equipamentos e componentes pequenos;	Equipamento sujeito a desgaste;	Equipamentos com padrões de falha aleatórios;
Equipamentos não críticos;	Equipamento consumível;	Equipamento crítico;
Equipamentos susceptíveis a falhas;	Equipamentos com padrões de falha conhecidos;	Equipamento não sujeito a desgaste;
Sistemas redundantes.	Recomendações de fabricantes.	Falhas acidentais durante a manutenção preventiva incorreta.

## **7.2. Levantamento do perfil de avarias da EDP Distribuição**

Para dar suporte a uma possível proposta de metodologia adequada a equipamentos de telecomunicações, foi efetuada uma caracterização o mais detalhada possível da incidência e dos custos da manutenção corretiva associada a avarias.

### **7.2.1. Duração do estudo**

A qualidade do perfil de avarias encontra-se diretamente dependente do período de tempo em análise. Desta forma, quanto maior esse período, maior o número de avarias recolhidas e melhores serão os resultados de estimativas que garantam um nível de fiabilidade apropriado para criar um plano de revisão de manutenção adequado. Tendo em atenção este aspeto, as avarias analisadas foram as ocorridas no período 15/12/2003 a 07/05/2013.

### **7.2.2. Registo de avarias**

O estudo referido incidia sobre as avarias ocorridas no período indicado e sob a responsabilidade do Pólo de Coimbra do Departamento de Operação e Manutenção da Direção de Automação e Telecontrolo.

Tendo em conta a inexistência de uma base de dados única do universo de avarias ocorridas, assim como a consciência de que muitas das avarias ocorridas nem sequer terão sido registadas, optou-se por pesquisar um conjunto de bases de dados de onde se pudesse tirar conclusões sobre a ocorrência de avarias e suas características. Essas bases de dados incluíram:

- Notas de avarias registadas pelo despacho, engenheiros e técnicos numa base de dados denominada por SAP;
- Guias de transporte de materiais/ ferramentas ou outros produtos;
- Registo de movimento de peças de reserva.

É importante referir que, nem sempre os utilizadores do software SAP cumprem com o preenchimento das avarias e que existe a possibilidade das avarias estarem mal preenchidas ou com informação incorreta. Deste modo, houve a necessidade de estimar certos valores para os parâmetros em falta ou errados.



Estima-se ainda que entre 30 a 40 % das avarias ocorridas não tenham qualquer registo e portanto não serão consideradas neste estudo.

### 7.2.3. Equipamentos analisados

Neste estudo efetuou-se um levantamento de avarias para seis tipos de equipamentos:

- ✓ Equipamento PDH das marcas EFACEC e ALCATEL;
- ✓ Equipamento SDH;
- ✓ Equipamento Rádio Microondas;
- ✓ Equipamento Rádio VHF (Repetidores);
- ✓ Equipamento de Correntes Portadoras;
- ✓ Equipamento IP.

Para estes equipamentos houve necessidade de cruzar as informações obtidas de cada fonte de registos, de modo a não possuir informação repetida, garantir que as avarias apenas fossem oriundas da área geográfica em estudo, estimar valores para parâmetros não preenchidos ou incorretos e classificar as avarias em modos de falha, causas das avarias e tipo de intervenção efetuada.

O objetivo principal deste estágio em termos práticos era criar um plano de revisão de manutenção para equipamentos de telecomunicações da rede da EDP Distribuição. No entanto, optou-se por criar apenas um plano para os equipamentos SDH, uma vez que são equipamentos que possuem elevada criticidade pela quantidade de tráfego que transportam. A justificação prática desta opção deve-se nomeadamente ao facto de uma falha de um equipamento SDH poder levar à falha de telecomando de mais de uma centena de instalações elétricas. Torna-se assim necessário otimizar a manutenção deste equipamento de modo a reduzir a probabilidade de ocorrência de falhas e se possível o seu impacto.

Apesar de no âmbito deste trabalho não se propor para já a metodologia concreta para as restantes tecnologias, desenvolve-se já o método que poderá servir para este efeito em trabalhos futuros.

### 7.2.4. Parâmetros considerados no levantamento de avarias

Dentro do tratamento das avarias os principais parâmetros considerados foram:

- **Local**: fator fundamental nesta classificação uma vez que, mais à frente no trabalho ter-se-á necessidade de verificar a incidência de avarias por site e além disso, este parâmetro é ainda imprescindível neste estudo, dado que será necessário quantificar o custo da viagem dos técnicos com base na distância entre o local onde ocorreu a avaria e as instalações onde se encontram as equipas de manutenção (Pólo de Manutenção de Coimbra).
- **Avaria em disponibilidade**: este parâmetro permite indicar se a avaria ocorreu no horário normal de trabalho dos técnicos ou durante o horário de disponibilidade (fora do horário normal de trabalho);
- **Dia da Semana**: é outro parâmetro necessário para calcular os custos de intervenção nas avarias corretamente, dado que o custo de intervenção das avarias ocorridas nos dias da semana é diferente do das ocorridas no fim-de-semana e nos feriados.
- **Datas de Início e de Finalização e Duração da Avaria**: estes três parâmetros permitem saber em que data e hora começou e terminou a avaria e qual a duração da avaria. Estes fatores são necessários para calcular mais à frente o tempo médio de duração da avaria e consequentemente o tempo médio de intervenção da avaria e custos de intervenção na avaria;
- **Modo de Falha e Causa da Avaria**: estes dois parâmetros permitem indicar o equipamento que falhou e a razão de ter falhado. São parâmetros importantes para saber qual o modo de falha e a causa da avaria que são mais frequentes;
- **Sintoma e Resolução da Avaria**: estes dois parâmetros descrevem o que avariou e o modo como foi resolvida a avaria;
- **Custo do Equipamento**: quando um equipamento necessita de ser substituído, este parâmetro vai ser preenchido, de modo a entrar no cálculo final do custo de intervenção;
- **Datas de Início e de Finalização e Duração da Intervenção**: estes três parâmetros permitem saber em que data e hora começou e terminou a intervenção, uma vez que nem sempre é necessário intervir no local após a avaria, pois há avarias que não afetam serviços críticos e por vezes não é urgente resolvê-las. Estes fatores são necessários para calcular mais à frente o tempo médio de duração da intervenção e os custos de intervenção na avaria;

- **Custo da Intervenção do Pessoal:** permite indicar o custo da influência do técnico desde o tempo que leva a preparar-se para resolver a avaria, passando pela duração da intervenção na avaria até ao momento em que regressa ao Pólo de Manutenção de Coimbra. Neste parâmetro não entra o custo dos técnicos que constituem o Quadro Responsável em regime de disponibilidade, uma vez que, o seu contrato salarial já inclui a resolução de avarias;
- **Custo e Distância das Viagens:** estes parâmetros permitem indicar em média qual a distância e o custo das viagens de ida e de regresso entre a Rua do Brasil e o local onde ocorreu a avaria;
- **Nome e Número dos Intervenientes:** nestes parâmetros é indicado o nome e o número de técnicos intervenientes na resolução da avaria.
- **Custo Total de Intervenção:** este parâmetro inclui todos os custos realizados para resolver a avaria.

#### 7.2.5. Parâmetros estimados

Durante a realização do estudo houve necessidade de estimar alguns parâmetros fundamentalmente devido à falta de informação e ao preenchimento incorreto dos registos existentes. Deste modo, foram estimados valores necessários à obtenção da duração média da avaria e do custo da intervenção total na avaria. Os parâmetros que tiveram de ser estimados e o seu respetivo valor está descrito na Tabela 7.6.

Tabela 7.6 – Parâmetros considerados e respetivos valores estimados

Nome do Parâmetro	Valor assumido
Duração do despiste	00:30 horas se a avaria for detectada pelo Centro de Comando ou 00:15 horas se a avaria for detectada pelo Sistema de Gestão;
Tempo de preparação de saída dos técnicos	00:30 horas durante o horário de funcionamento normal e 01:00 horas durante o horário de disponibilidade;
Tempo de Intervenção no equipamento	01:00
Número de Intervenientes	2 Técnicos
Custo do Piquete	18€/hora
Tempo médio de Intervenção do piquete no local	00:15
Tempo de demora do piquete ao local ou de saída do local	00:30

### 7.2.6. Tipos de intervenção nas avarias

Neste estudo, após a recolha das avarias do equipamento houve a necessidade de classificar as avarias consoante o tipo de intervenção efetuado por forma a ser possível definir o perfil de duração da intervenção e consequentemente os seus custos.

Normalmente o Quadro Responsável faz um despiste, que inclui o tempo desde o momento em que recebe a comunicação da avaria até ao momento em que a comunicação é transferida para os técnicos.

Quando ocorre falha de comunicações de uma instalação elétrica, a comunicação da avaria é direcionada para a DAT. Contudo não é só o Centro de Comando que detecta as avarias, mas também o Sistema de Supervisão da Gestão. As avarias provenientes dos dois locais podem ser solucionadas de diversas formas consoante o sintoma da avaria, local da avaria e do conhecimento avançado dos técnicos em termos de conhecimento de avarias. Para este estudo foram considerados quatro perfis de resolução de avarias típicas na EDP Distribuição:

- Intervenção Tipo I: Acesso remoto;
- Intervenção Tipo II: Indicações por telefone;
- Intervenção Tipo III: Indicações por telefone mais intervenção dos técnicos no local;
- Intervenção Tipo IV: Intervenção no local.

#### 7.2.6.1. Intervenção Tipo I – Acesso Remoto

Muitas vezes os técnicos conseguem resolver as avarias no primeiro despiste, a partir do Sistema de Gestão da Rede, nomeadamente através da realização de *reboots* aos equipamentos ou fazendo reconfigurações da rede de comunicações à distância. Ao utilizar a Intervenção do Tipo I, os técnicos não só podem intervir sem se deslocar ao local da avaria, como podem fazer acesso remoto a partir das suas casas bastando uma ligação segura através da Internet. Em casos mais críticos de reconfigurações de rede, os técnicos deslocam-se ao Pólo de Manutenção para fazer o acesso remoto e nestas situações ter-se-á que ter em conta o tempo de preparação de saída, quer para a duração da intervenção quer para os custos de intervenção.

#### 7.2.6.1.1. Duração da Intervenção Tipo I

A duração da Intervenção Tipo I é dada pela Figura 7.2. Neste caso foi considerado que os técnicos para resolver a avaria têm de obrigatoriamente de se deslocar ao Pólo de Manutenção para fazer as reconfigurações necessárias na rede de telecomunicações. Em situações simples, como nos casos em que para resolver a situação é suficiente fazer um *reboot* a um equipamento, este parâmetro não será considerado nem no custo nem na duração da intervenção.

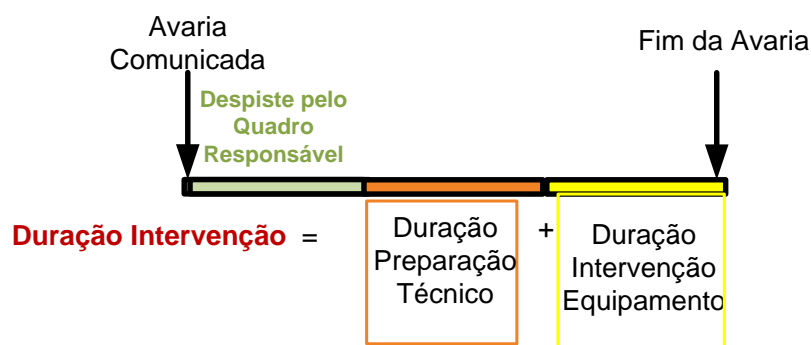


Figura 7.2 – Duração da Intervenção Tipo I.

#### 7.2.6.1.2. Custo da Intervenção Tipo I

O custo da Intervenção Tipo I encontra-se representado na Figura 7.3.

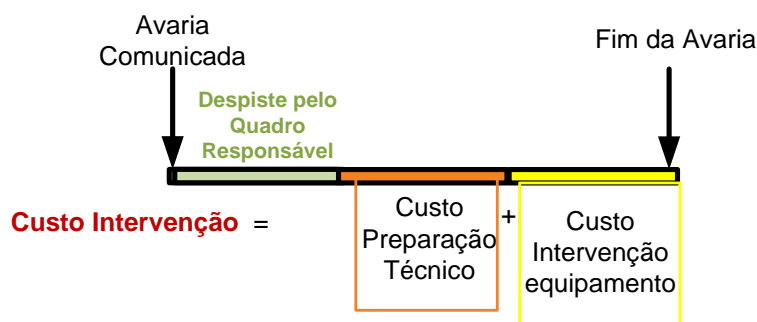


Figura 7.3 – Custo da Intervenção Tipo I.

#### 7.2.6.2. Intervenção Tipo II – Indicações por telefone

Quando ocorre uma falha num local onde existem equipamentos de telecomunicações e que consequentemente provoca um grande impacto na falha de telecomando, essa falha é classificada quase sempre como falha de comunicações embora muitas das vezes não foi o

equipamento de telecomunicações que avariou em si, mas sim outras falhas que podem levar à falha de equipamentos de telecomunicações (Ex: falhas de alimentação).

Quando o Quadro Responsável recebe o comunicado da avaria fornecido pelo Centro de Comando e depois de se fazer um pequeno despiste recorrendo aos Sistemas de Gestão, por vezes há necessidade de enviar um piquete ao local, pois este encontra-se sempre perto do local e poderá fazer uma primeira observação e verificar o que realmente falhou na instalação elétrica em causa. Considera-se que em média um piquete demora a chegar ao local e a deixar o local cerca de 00:30 horas e quando não nos é dito a duração da avaria, considera-se que demora 00:15 horas a resolver a avaria. Se pela experiência do piquete e pelas indicações fornecidas ao telefone pelo Quadro Responsável, o piquete conseguir resolver o problema, não só se evitou que a duração da avaria se prolongasse mas também houve redução do custo da intervenção na avaria e potencial melhoria na qualidade de serviço técnico.

#### 7.2.6.2.1. Duração da Intervenção Tipo II

A duração da Intervenção do Tipo II (Figura 7.4) inclui a duração da viagem (ida e volta) do piquete e a duração da intervenção do piquete no local.

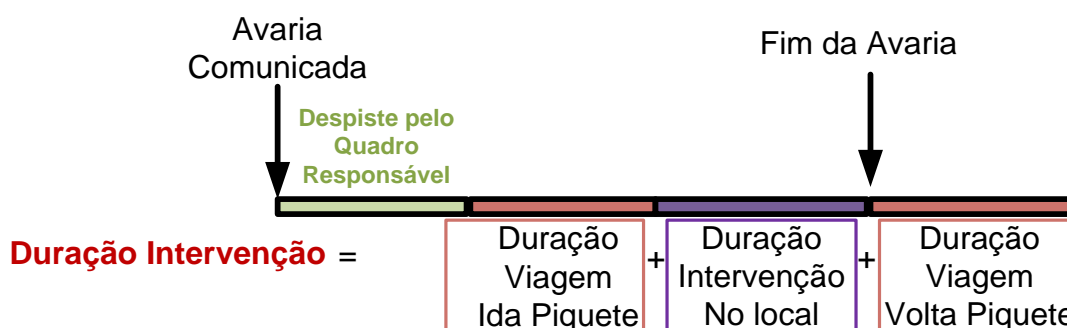


Figura 7.4 – Duração da Intervenção Tipo II.

#### 7.2.6.2.2. Custo da Intervenção Tipo II

O custo da Intervenção Tipo II (Figura 7.5) inclui o custo da intervenção do piquete e do técnico.

A intervenção do piquete é contabilizada desde a sua viagem de ida até à sua viagem de volta, no entanto apenas é contabilizada a duração da viagem, e não os quilómetros efetuados, dado

que os piquetes se encontram sempre perto das instalações da EDP Distribuição e têm consigo o meio de transporte da empresa.

Relativamente ao técnico de telecomunicações/ Quadro Responsável, para cálculo do seu custo de intervenção apenas é contabilizado o tempo que o técnico está ao telefone, ou seja o tempo equivalente à duração de intervenção do piquete no local.

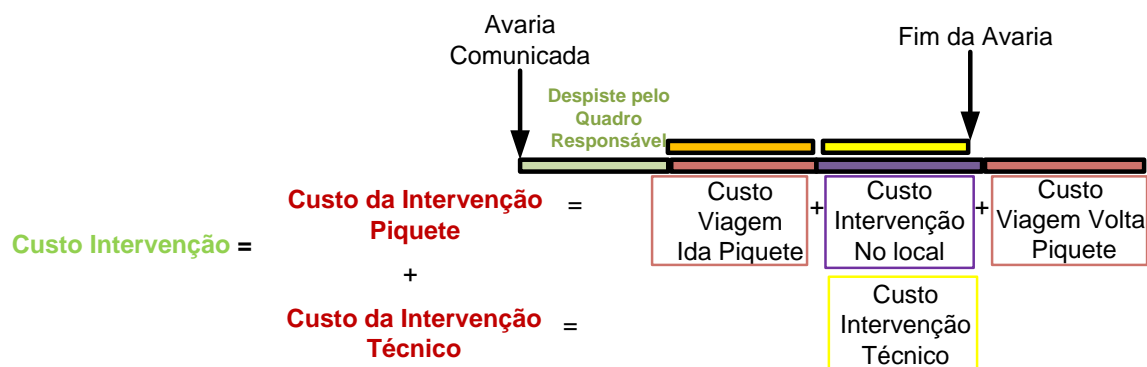


Figura 7.5 – Custo da Intervenção Tipo I.

### 7.2.6.3. Intervenção Tipo III – Indicações por telefone mais intervenção dos técnicos no local

Numa Intervenção do Tipo II, se ao fim de cerca de 00:15 horas no local da avaria, o piquete não conseguir resolver o problema com as indicações do técnico ao telefone, os técnicos de comunicações são obrigados a deslocar-se ao local para intervir.

#### 7.2.6.3.1. Duração da Intervenção Tipo III

A duração da intervenção Tipo III (Figura 7.6) é igual à duração da Intervenção do Tipo II mais a duração da viagem de ida do técnico até ao momento que o técnico regressa do local da avaria.

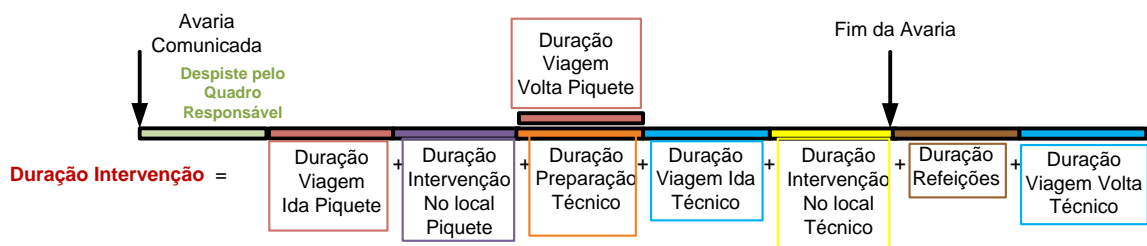


Figura 7.6 – Duração da Intervenção Tipo III.

### 7.2.6.3.2. Custo da Intervenção Tipo III

O custo da Intervenção Tipo III (Figura 7.7) é igual ao custo da intervenção desde o início da viagem de ida do piquete, passando pela intervenção no local, até ao fim da duração da viagem de regresso de volta, acrescido do custo da intervenção do técnico desde o acompanhamento do piquete ao telefone no local até à viagem de regresso do local da avaria.

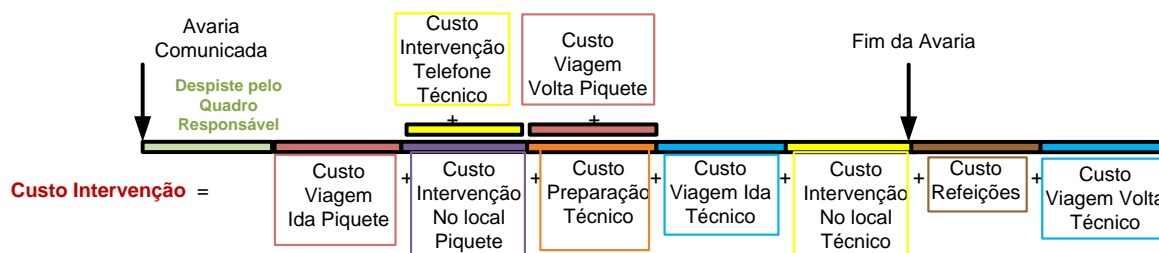


Figura 7.7 – Custo da Intervenção Tipo III.

### 7.2.6.4. Intervenção Tipo IV – Intervenção no local

Quando as avarias são localizadas perto de Coimbra, ou quando pelo primeiro despiste suportado no Sistema de Supervisão da Rede se conclui que a causa da avaria está num equipamento de telecomunicações, não é normalmente solicitada a intervenção do piquete, optando-se pela intervenção imediata dos técnicos. Assim, os técnicos preparam-se para sair e deslocam-se ao local para intervir na avaria.

#### 7.2.6.4.1. Duração da Intervenção Tipo IV

A duração da intervenção Tipo IV tem o perfil indicado na Figura 7.8.

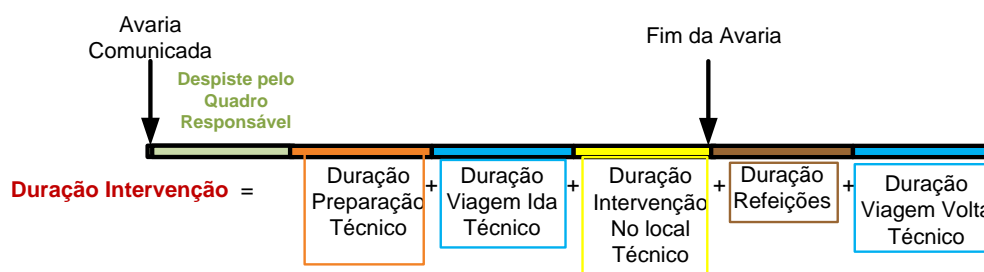


Figura 7.8 – Duração da Intervenção Tipo IV.



#### 7.2.6.4.2. Custo da Intervenção Tipo IV

O custo da intervenção Tipo IV poderá ser obtido pelo perfil indicado na Figura 7.9.

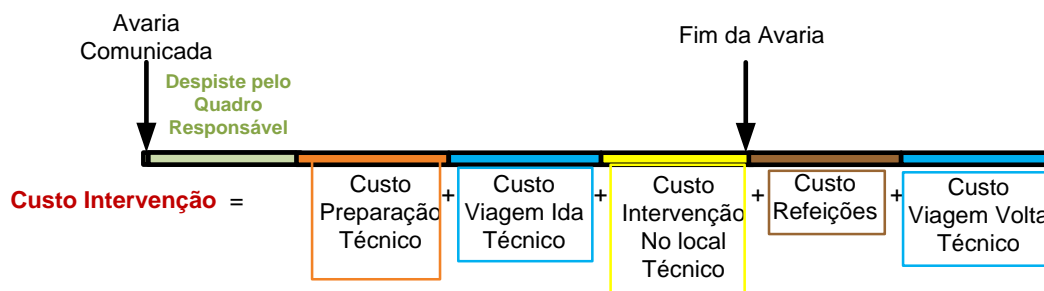


Figura 7.9 – Custo da Intervenção Tipo IV.

#### 7.2.7. Condições de trabalho dos técnicos

Existem dois regimes de trabalho no seio da EDP e, em particular no Departamento de Operação e Manutenção da DAT, o regime normal de trabalho e o regime de disponibilidade [73].

O horário do regime normal de trabalho compreende o período das 08h30m às 18h00m nos dias úteis (de 2<sup>a</sup> a 6<sup>a</sup> feira).

Fora do período normal de trabalho, ou seja, durante o regime de disponibilidade, terá que existir um técnico em disponibilidade, a prestar trabalho suplementar, de modo a prevenir ou reparar avarias na rede de telecomunicações da EDP Distribuição. O horário de disponibilidade compreende o período das 18h00m às 08h30m nos dias úteis, e os dias completos nos Sábados, Domingos e Feriados.

É importante referir, que os técnicos não estão todos permanentemente em regime de disponibilidade, existindo uma escala de serviço com rotação semanal.

Na Tabela 7.7 encontra-se representado o custo discriminado do técnico de acordo com o regime de trabalho.

Tabela 7.7 – Custo do colaborador consoante o regime de trabalho [22].

Horário	Custo [€]
Horário Normal de funcionamento	$X = 22\text{€/hora}$
Horário de Disponibilidade	
Durante a semana	1ª hora – $X * 1,25$
	A partir da 1ª hora – $X * 1,375$
Sábados e Feriados	$X * 1,5$
Domingo	Trabalho $\leq 1\text{ hora}$ $X * 1,5$
	Trabalho $\geq 1\text{ hora}$ $X * 1,5 + 1\text{ dia de folga} = X * 1,5 + 8 * X$

Na empresa EDP Distribuição o horário normal das refeições principais (almoço e jantar) compreende o período que decorre das 12 horas às 14 horas e das 19 horas às 21 horas.

No horário de funcionamento normal, a EDP Distribuição não fornece o custo do almoço, uma vez que este já se encontra incluído no subsídio de alimentação dos colaboradores. No entanto, fora do horário normal de trabalho, a EDP Distribuição paga a cada colaborador um valor que se encontra de acordo com a tabela de ajudas de custo do almoço ou do jantar, se o colaborador trabalhar pelo menos 4 horas consecutivas até atingir o horário normal destas refeições. O tempo de duração das refeições principais não pode exceder uma hora. Esta hora entra na duração da intervenção, no entanto não conta para mais uma hora de trabalho, em vez disso, a EDP Distribuição paga em média 14,74 €/ refeição.

Quando um colaborador trabalhar pelo menos duas horas consecutivas entre as 00 horas e as 05 horas da manhã, a EDP Distribuição paga 14,74 € pela ceia ao colaborador.

É importante referir que, a EDP Distribuição paga também aos seus colaboradores um valor quando o trabalho afecta o horário de pequeno-almoço, no entanto, não foi considerado para este trabalho, dado que não trazia uma mais-valia [73].

#### 7.2.8.Custo do transporte

O departamento de Operação e Manutenção do Porto utiliza neste momento veículos a gasóleo. Todos os meses é feito um registo dos km percorridos e dos litros consumidos de cada veículo, que posteriormente permite obter o consumo médio dos veículos da frota. Além deste registo, o departamento também regista para cada veículo qual o montante gasto em

portagens em cada mês. Na Figura 7.8 encontra-se representado os registos dos quilómetros percorridos, do consumo médio obtido e do montante das portagens dos primeiros quatro meses do ano de 2013, do universo das viaturas do OMPRT.

Tabela 7.8 – Registo de consumos médios e valor de portagens para veículos [22].

Veículo	[Km]	Litros	lts/100 km	Portagens
Veículo A	5.073	299	5,9	168 €
Veículo B	12.790	750	5,9	321 €
Veículo C	7.996	470	5,9	210 €
Veículo D	5.900	360	6,1	96 €
Veículo E	6.356	441	6,9	147 €
Veículo F	6.609	298	4,5	213 €
Veículo G	9.210	497	5,4	236 €
Veículo H	2.926	182	6,2	81 €
Veículo I	9.407	572	6,1	277 €
Veículo J	9.233	585	6,3	230 €
Veículo K	3.499	219	6,2	153 €
Veículo L	4.404	520	11,8	230 €
Veículo M	8.845	670	7,6	179 €
Veículo N	6.823	372	5,5	149 €
Veículo O	7.409	399	5,4	197 €
Veículo P	8.575	494	5,8	147 €
Veículo Q	5.925	356	6	155 €
Veículo R	14.165	712	5	274 €
<b>Veículo EDP D</b>	<b>135145</b>		<b>6,25</b>	<b>3.463 €</b>

Através do consumo médio de cada veículo nos quatros meses, foi efetuado uma média do consumo médio dos veículos. Como o consumo médio de um veículo é dado na unidade l/100km, foi necessário passar para a unidade l/ km.

$$\text{Consumo médio veículo EDP D} = \frac{6,25}{100} = 0,0625 \text{ l/km}$$

Após se obter o consumo médio por km é necessário saber quanto gasta um veículo da EDP D por km. Considerando que um litro de gasóleo custa cerca de 1,335€, a seguinte fórmula demonstra o custo médio do combustível por km de um veículo EDP D.

$$\text{Custo de combustível por km do veículo EDP D} = 0,0625 * 1,335 = 0,08 \text{ €}$$

Tendo em conta a dificuldade em caracterizar em pormenor o trajeto para cada avaria e consequentemente o respetivo custo com portagens, optou-se por encontrar um custo médio em portagens por quilómetro percorrido. Através da Tabela 7.8 visualiza-se que para 135.145 km percorridos obtém-se um gasto de 3.463 €, através de uma regra de 3 simples retira-se que por cada km gasta-se em média em portagens cerca de:

$$\text{Custo de portagens do veículo EDP D} = \left( \frac{1 * 3.463}{135.145} \right) \simeq 0,03\text{€}$$

Após a obtenção do custo de combustível e de portagens para um veículo EDP D retira-se que o custo médio por km de um veículo EDP D é dado por:

$$\text{Custo médio do veículo EDP D na estrada} = 0,08\text{€} + 0,03\text{€} = 0,11\text{€}$$

### 7.3. Metodologia atual dos equipamentos SDH

Atualmente, a EDP Distribuição utiliza uma política de manutenção que combina a manutenção corretiva com a manutenção preventiva condicionada. Em termos de manutenção, o que a EDP Distribuição faz é esperar que o equipamento avarie para reparar. Nesta perspetiva, a EDP Distribuição está a fazer a manutenção corretiva. Mas ao mesmo tempo tem atenção aos alarmes, às medidas enviadas pelos equipamentos de telecomunicações pelo Sistema de Gestão, pelo que a EDP Distribuição complementa a sua manutenção corretiva com uma manutenção preventiva condicionada consoante o estado real do equipamento. Como existe limitação de disponibilidade de recursos humanos, não se tem vindo a implementar a manutenção preventiva sistemática preconizada no documento de Políticas de Manutenção do ATOM, a qual, no caso dos equipamentos SDH teria uma periodicidade de 2 anos [74].

#### 7.3.1. Aplicação da metodologia RCM

Um dos objetivos do plano de revisão de manutenção é tirar conclusões relativamente a se traz uma mais-valia a aplicação da manutenção preventiva sistemática em termos da diminuição do número de avarias e da redução do custo de manutenção. Para ajudar a encontrar esta solução, utiliza-se a metodologia RCM que permite definir as linhas de orientação da metodologia de manutenção apropriadas aos equipamentos de modo a que os mesmos continuem a assegurar as condições normais de funcionamento, com o menor custo possível. Para isso, e como foi referido anteriormente, a seguir ir-se-á determinar os parâmetros da metodologia que ajudam a encontrar a solução para o problema de forma a que

a empresa EDP Distribuição, para o caso dos equipamentos SDH, não faça submanutenção nem sobremanutenção, de modo a reduzir os desperdícios.

### 7.3.2. Funções e falhas funcionais

Os equipamentos SDH são utilizados para transmitir grandes quantidades de informação de um *site* para o outro, funcionando como “espinha dorsal” da rede de telecomunicações, transportando serviços tão críticos como os de telecomando de subestações. Como foi referido anteriormente, às vezes o Centro de Comando anuncia de forma abusiva que houve “falha de comunicações”, no entanto, muitas das vezes não é o equipamento de telecomunicações que se encontra avariado mas sim outros sistemas associados ao sistema de telecomando (alimentação, RTU, SCADA, meio de comunicação, outras causas).

Não considerando a generalidade das avarias com origem no que foi referido acima, as falhas funcionais que se consideram para um equipamento SDH são: a avaria de uma carta do equipamento, a ausência de alimentação do equipamento e a falha do meio de comunicação.

Estas três falhas funcionais colocam em causa as condições normais de funcionamento do equipamento SDH.

É importante referir que, as falhas consideradas devido à ausência de alimentação de um equipamento SDH apenas englobam as avarias registadas e catalogadas como falha do equipamento SDH. Porém, existem outras falhas de alimentação que provocam a falha do equipamento SDH mas foram catalogadas como falha do sistema de alimentação e por conseguinte não entraram no âmbito deste estudo.

### 7.3.3. Modos de falha

Um modo de falha é descrito como um fenómeno que causa uma falha funcional.

Os modos de falha para este tipo de equipamento são normalmente os seguintes:

- Falha do equipamento SDH;
- Ausência de alimentação;
- Falha do meio de comunicação.

As percentagens dos modos de falha registados nas avarias encontram-se na Figura 7.10.

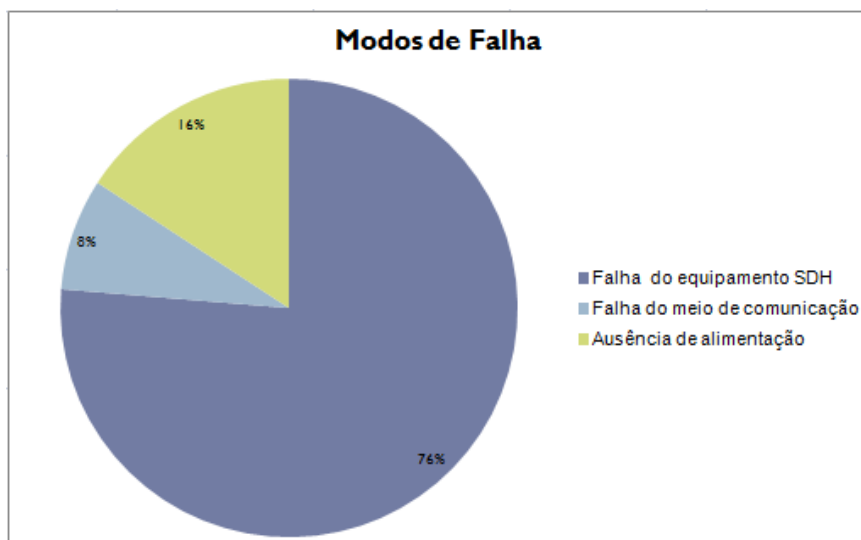


Figura 7.10 – Modos de falha para o equipamento SDH.

#### 7.3.4. Causas das avarias

As causas das avarias permitem saber o que afeta o equipamento SDH quer de forma direta quer de forma indireta.

As causas raiz de avarias possíveis no equipamento SDH são:

- Envelhecimento do material/Degradação do material;
- Falha do software do equipamento;
- Falha do sistema de alimentação;
- Perturbações na alimentação;
- Falha de tensão na rede de distribuição;
- Falha de cablagem;
- Cabo de FO danificado por roedores.

A Figura 7.11 representa a percentagem das causas das avarias no equipamento SDH.

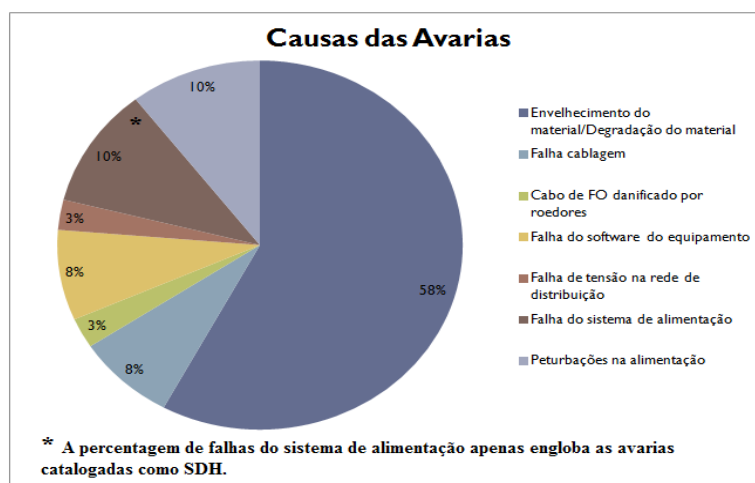


Figura 7.11 – Causas das avarias para o equipamento SDH.

Da observação da Figura 7.11 retira-se que a maior parte das avarias de equipamentos SDH se deve a envelhecimento/degradação do material. Também uma parte considerável dessas avarias (23%) tem origem em problemas relacionados com a alimentação (falha de tensão na rede/falha de sistema de alimentação/perturbações na alimentação). Estes números estão alinhados com o estudo em [54] em que se refere que “24% das falhas de telecomando se devem a problemas em sistemas de alimentação”.

#### 7.3.5. Efeitos locais da falha

Os efeitos locais da falha de um equipamento SDH apenas se manifestam nos nós SDH intermédios da rede, dado que a avaria normalmente afeta o telecomando da própria subestação onde o equipamento está localizado. A falha de telecomando pode ter um impacto sobre a condução da rede elétrica (qualidade de serviço), uma vez que uma grande área da rede elétrica, incluindo a subestação em causa, poderia permanecer sem supervisão e sem controlo por um longo período de tempo. Caso ocorra algum incidente (por ex. disparo de uma linha AT) na subestação afetada pela falta de telecomando, o mesmo não poderá ser notado pelos operadores do Despacho, conduzindo a uma potencial indisponibilidade da rede elétrica por um longo período de tempo.

#### 7.3.6. Efeitos globais da falha

Os efeitos globais manifestam-se regra geral nas avarias de qualquer equipamento SDH, pois normalmente um equipamento SDH transporta circuitos de suporte ao telecomando de várias

instalações elétricas, podendo esta avaria levar à falha de telecomando de dezenas de instalações elétricas. A falha de telecomando pode ter um impacto sobre a condução da rede elétrica (qualidade de serviço), uma vez que uma grande área da rede elétrica, incluindo a subestação em causa, poderia permanecer sem supervisão e sem controlo por um longo período de tempo.

Se por alguma razão e tendo em conta o pior cenário que possa surgir, o incidente ocorrer no dia e na hora exata de um evento festivo de elevada importância (ex. concerto, jogos de futebol) acarreta não só a falha do fornecimento de energia elétrica, como coloca em causa a nível nacional o nome da empresa resultando em má reputação pela falha de energia elétrica.

### 7.3.7. Padrões das avarias

A frequência com que ocorrem as avarias do equipamento SDH ao longo do tempo de estudo permite traçar o seu padrão de avaria. A taxa de avarias é definida pela seguinte expressão:

$$\lambda = \frac{\text{Número de avarias}}{\text{Intervalo de tempo de estudo}}$$

Na Zona Centro de Portugal existem registos de 26 avarias em 21 equipamentos num período de aproximadamente 9,39 anos. A taxa de avarias é dada pela seguinte expressão:

$$\lambda = \frac{26}{21} = 1,238 \text{ avarias/equipamento}$$

Se durante 9,39 anos se teve uma taxa de avarias de 1,238 avarias por equipamento, para se ter uma avaria por equipamento, é necessário que um equipamento tenha um tempo de vida até falhar dado pela seguinte expressão:

$$\text{Tempo de vida de um equipamento (em média) até falhar} = \frac{9,39}{1,238} = 7,58 \text{ anos}$$

Através da expressão anterior, e do número de avarias recolhido, registado no universo de avarias, retira-se que o tempo de vida médio de um equipamento até falhar é cerca de 7,58 anos. No entanto, como só se estima que cerca de 30 ou 40 % das avarias são registadas,



isto implica que este tempo de vida útil estimado é superior ao tempo que os equipamentos SDH têm realmente até falhar.

### 7.3.8. Parâmetros das avarias SDH

Com base na recolha das avarias registadas no conjunto das bases de dados (Tabela 7.9) retira-se que a subestação denominada por “O”, foi a subestação que sofreu um maior número de falhas de equipamentos SDH durante o tempo de estudo.

Tabela 7.9 – Caracterização das avarias ocorridas na rede SDH

Instalação	Duração da Avaria [hh:mm]	Duração da Intervenção [hh:mm]	Custo da Intervenção [€]
"A" (Zona Centro)	2:00	02:00	811,10
	2:00	2:00	709,10
"B" (Zona Centro)	2:30	3:00	917,90
"C" (Zona Norte)	3:06	3:21	300,85
"D" (Zona Norte)	4:45	4:15	141,57
"E" (Zona Centro)	3:00	4:00	818,00
"F" (Zona Centro)	2:45	3:30	891,40
	2:45	3:30	891,40
	3:00	03:30	1456,61
	2:45	3:30	891,40
"G" (Zona Centro)	4:15	6:30	1032,20
"H" (Zona Centro)	3:30	4:45	599,10
"I" (Zona Sul)	3:15	4:15	116,8525
"J" (Zona Sul)	2:30	2:30	144,00
"K" (Zona Norte)	0:39	0:29	16,0
	2:45	4:00	2588,12
"L" (Zona Centro)	4:57	06:27	319,00
"M" (Zona Centro)	8:45	14:00	1205,23
"N" (Zona Centro)	1:45	2:15	922,50
	3:15	4:00	1041,00
	6:00	7:15	673,97
	2:45	03:00	865,00
"O" (Zona Centro)	3:15	4:30	939,80
	4:45	6:15	935,1025
	0:50	0:20	7,3
	3:30	05:30	1026,76
	3:15	5:30	1020,43
	7:03	8:18	924,40
	7:40	8:55	937,97

É importante referir que na Tabela 7.9 se encontram registadas as avarias dos equipamentos SDH junto ao *Frontends* a azul e as avarias dos equipamentos SDH intermédios da rede a cinzento.

#### 7.3.8.1. Taxa de avarias

A taxa de avarias indica-nos a frequência com que ocorrem as avarias de um equipamento. Desta forma a taxa de avarias a considerar para um equipamento SDH na rede ( $\lambda_{\text{MÉD}}$ ) é dada por

$$\lambda_{\text{MÉD}} = \frac{23}{9,39 * 21} = 0,117 \text{ avarias/ano}$$

Que num período de 10 anos equivale a um número médio de avarias por equipamento ( $N_A$ ) de:

$$N_A = 0,117 * 10 = 1,17 \text{ avarias}$$

Para determinação da taxa de avarias para o leque de equipamentos da Região Centro para efeitos da matriz de risco (probabilidade de avarias) considerou-se o equipamento da rede SDH com maior histórico de avarias, isto é:

$$\lambda_{\text{CRIT}} = \frac{7}{9,39} = 0,745 \text{ avarias/ano}$$

#### 7.3.8.2. Duração média das avarias

A duração média das avarias registadas na rede SDH é dada por:

$$\text{Duração média da avaria} = \frac{\sum_{i=1}^{23} \text{Duração da avaria}[i]}{23} = 03:45 \text{ horas}$$

#### 7.3.8.3. Tempo médio entre falhas

O MTBF (*Mean Time Between Failures*) é o parâmetro que indica a fiabilidade de um equipamento reparável e, quanto maior for o seu valor, maior será o nível de fiabilidade do

equipamento. Para os equipamentos SDH e seus componentes associados (Ex: cablagens, etc) tem-se um MTBF:

$$MTBF = \frac{1}{\lambda_{MÉD}} = 8,547 \text{ anos}$$

Para considerações na incidência das avarias na Matriz de Risco pode ser retirado o  $f$  (tempo médio entre falhas para o caso mais crítico) do parâmetro  $\lambda_{CRIT}$  do parâmetro 7.3.8.1.

$$f = \frac{1}{\lambda_{CRIT}} = 1,342 \text{ anos}$$

Após a obtenção do valor, conclui-se que no limite uma falha do equipamento SDH ocorre com uma periodicidade de 1,342 anos.

#### 7.3.8.4. Tempo médio de reparação

O MTTR (Mean Time To Repair) é um indicador que fornece o tempo médio de reparação de um equipamento. O MTTR de um equipamento da rede é dado pela seguinte expressão:

$$MTTR = \frac{\sum_{i=1}^{23} \text{Duração da Intervenção}[i]}{23} = 04:53 \text{ horas} = 0,000557 \text{ anos}$$

#### 7.3.8.5. Disponibilidade

A disponibilidade de um equipamento encontra-se relacionada com o tempo que o equipamento esteve sempre em funcionamento sem interrupções. Assim sendo, a disponibilidade é dada pela seguinte forma:

$$Di = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR}$$

$$Di = \frac{8,547}{8,547 + 0,000557} = 99,99\%$$

#### 7.3.8.6. Custo médio de intervenção

O custo médio da intervenção no histórico das avarias de componentes da responsabilidade da DAT em toda a rede SDH é dado por:

$$\text{Custo médio de Intervenção} = \frac{\sum_{i=1}^{29} \text{Custo de intervenção } [i]}{29} = 798,07\text{€}$$

### 7.3.9. Matriz de Risco aplicada

Para se saber o nível de criticidade dos equipamentos SDH é necessário construir uma matriz em que se tenha em conta os parâmetros que avaliam a criticidade do equipamento.

A matriz de risco utilizada neste estudo tem três zonas de risco que são as seguintes:

- ✓ Zona de risco não admissível;
- ✓ Zona de risco moderado;
- ✓ Zona de risco admissível.

A medida do risco é baseada na probabilidade e no impacto desse risco. Isto significa que por exemplo situações de risco com elevada probabilidade de ocorrência e elevado impacto sejam consideradas situações de risco muito elevadas e consequentemente não admissíveis. Por outro lado situações com alta probabilidade mas muito baixo impacto ou vice-versa, poderão até ser consideradas situações de risco admissível.

Desta forma na construção da matriz, no eixo vertical será considerado o impacto da ocorrência para a qual se pretende medir o risco. A este nível será considerado um valor correspondente ao maior impacto de entre uma série de indicadores (Segurança das Pessoas, Ambiente, Repercussão nos Média e População, TIEPI MT interno e Resultados). A classificação do nível de severidade de impacto das avarias para os indicadores da empresa referidos anteriormente é avaliada numa escala de 1 a 5, em que 1 corresponde a uma situação com impacto de significado baixo para os valores da empresa e 5 a uma situação com impacto muito crítico.

Já no eixo horizontal será considerada a frequência da ocorrência para a qual se pretende medir o risco.

O risco da ocorrência de avarias no equipamento SDH irá localizar-se numa das zonas referidas de acordo com a frequência de ocorrência e o impacto dos mesmos nos vários indicadores.

Para a elaboração das matrizes de risco, e de acordo com a política de Gestão de Ativos da EDP Distribuição, considerou-se o pior cenário que possa ocorrer. Na Tabela 7.10 encontra-se

assim o resumo dos parâmetros do caso mais crítico (local com mais incidências de avarias) a considerar para a elaboração da matriz de risco.

Tabela 7.10 – Resumo dos parâmetros importantes para avarias SDH

Parâmetro	Valor
Taxa média de avarias	0,117 avarias/ano
Duração média da avaria	03:45 horas
MTBF	8,547 anos
MTTR	0,000557 anos (04:53 horas)
Disponibilidade	99,99%
Custo médio de intervenção	798,07 €
Incidência (frequência de avarias) no caso mais crítico	1,342 anos

Tendo em conta que a criticidade em termos de impacto em caso de falha de um equipamento SDH pode variar consoante a sua localização na rede (e consequentemente as suas necessidades de manutenção), decidiu-se construir dois cenários de matrizes de risco:

- A. Nós SDH localizados junto aos *FrontEnds* (caso mais crítico);
- B. Nós SDH localizados em nós intermédios da rede (caso menos crítico).

#### 7.3.9.1. Parâmetros da Matriz de Risco

Para elaborar uma matriz de risco é necessário saber que parâmetros é que vão ser avaliados em termos de impacto na ocorrência de uma avaria do equipamento SDH. Na Figura 7.12 encontra-se a Matriz de Risco que vai ser utilizada neste estudo.

Nível de Severidade	Impactos										
	Valores de Negócio	Sustentabilidade		Reputação	Qualidade de Serviço	Económicos	Frequência				
	Indicadores	Segurança das Pessoas	Ambiente	Repercussão nos Média e População	TIEPI MT Interno (min)	Resultados (i€)	Período Médio Entre Ocorrências (em anos)				
							Muito Elevada (f50,5)	Elevada (1≥f20,5)	Média (2≥f1)	Baixa (5≥f2)	Muito Baixa (5≥f)
							5	4	3	2	1
5 - Muito Crítico						I1	I2	I4	M5	M1	
4 - Crítico						I3	I5	M6	M2	A10	
3 - Significado Alto						I6	M7	M3	A9	A6	
2 - Significado Médio						M8	M4	A8	A5	A3	
1 - Significado Baixo						A11	A7	A4	A2	A1	

Figura 7.12 – Aspeto da Matriz de Risco da EDP Distribuição [22].

#### 7.3.9.1.1. Segurança das pessoas

Uma avaria de um equipamento SDH, independentemente do sítio onde se localiza na rede, tem como consequência direta a falha do telecomando das subestações associadas ao equipamento. Deste modo será impossível monitorizar e fazer manobras dos dispositivos das subestações à distância. No entanto, em caso de sobretensões ou de outros fenómenos, a rede elétrica possui dispositivos que atuam conforme os acontecimentos ocorridos. Desta forma, no máximo, quando um SDH avaria, as pessoas apenas correm o risco associado à eventual falha de energia elétrica nas suas habitações, locais de trabalho, ou outros locais. Assim, quando o SDH avaria, pode-se considerar que o impacto na segurança das pessoas é baixo.

#### 7.3.9.1.2. Ambiente

Em relação ao ambiente, em geral, quando um equipamento SDH falha não acarreta danos para o ambiente, dado que não se encontra diretamente ligado diretamente ao ambiente.

#### 7.3.9.1.3. Repercussão nos Média e População

Neste parâmetro de avaliação da matriz de risco é fundamental referir que a reputação da empresa para o exterior depende do sítio onde o SDH falhou. Os equipamentos SDH junto aos *FrontEnds* encontram-se localizados em grandes cidades como por exemplo Coimbra, Porto ou Lisboa. Como se sabe nestas grandes cidades existem grandes aglomerados populacionais assim como ocorrem eventos de grande dimensão (ex. concertos, jogos de futebol). Caso

ocorra uma falha de energia elétrica (Ex: disparo de uma linha AT ou transformador) durante a falha de telecomando provocada pela avaria do SDH, o operador de despacho não terá conhecimento do mesmo, o que poderá provocar uma interrupção do serviço relativamente longa (superior a uma hora) e consequentemente acarretará má reputação para a EDP a nível da cidade ou nacional. Deste modo, para os equipamentos SDH que se localizam junto aos *FrontEnds* foi considerado um impacto em termos de repercussão nos Média e População de nível de severidade 4.

A avaria de equipamentos SDH localizados nos nós intermédios da rede apenas possui impacto para a região afetada, uma vez que é pouco provável que grandes eventos ocorram em cidades mais pequenas. Assim, o nível de severidade considerado para os equipamentos SDH localizados em nós intermédios da rede será o 3.

#### 7.3.9.1.4. Continuidade de serviço (TIEPI MT)

Um dos indicadores que permite avaliar a continuidade de serviço fornecida pela EDP Distribuição é o Tempo de Interrupção Equivalente da Potência Instalada (TIEPI) que apenas é utilizado para a rede MT e o seu valor é calculado com o conhecimento da potência instalada dos Postos de Transformação (PT's). O cálculo do valor do TIEPI, em minutos, é dado pela seguinte expressão [75]:

$$TIEPI_{MT} = \frac{\sum (Potência\ Instalada\ PT's * Tempo\ de\ Interrupção)}{\sum Potência\ Instalada\ em\ todos\ os\ PT's}$$

O serviço de comunicações disponibilizado pela DAT não afecta diretamente a distribuição de energia elétrica, no entanto, se ocorrer uma interrupção de energia durante uma falha de telecomando de uma determinada região, a responsabilidade poderá recair sobre a DAT, uma vez que o despacho não terá conhecimento em tempo real da interrupção ocorrida e consequentemente não poderá repor remotamente a continuidade de serviço. Nestas situações, normalmente a informação sobre a interrupção do serviço é dada pelos clientes afetados. O tempo estimado até que o piquete inicie a intervenção (Tempo de Interrupção) é cerca de uma hora e compreende o tempo desde o momento em que os clientes “sentem” a falha de energia, passando pelos minutos da comunicação da interrupção dos clientes ao despacho e do despacho ao piquete e a duração da viagem do piquete ao local onde ocorreu a interrupção.

A EDP Distribuição classifica as interrupções ocorridas na rede em acidentais e previstas. Para o nosso estudo apenas tem de se ter em conta as interrupções acidentais pelo facto das previstas não resultarem da falha do telecomando, pois são interrupções que já se encontram marcadas pela EDP Distribuição de modo a interromper o fornecimento ou a distribuição de energia. Dentro das interrupções acidentais encontram-se três grupos, nomeadamente, as interrupções que não afetam os clientes, interrupções acidentais de curta duração e de longa duração.

As interrupções que não afetam os clientes não são consideradas neste trabalho, uma vez que o objetivo é encontrar o tempo de interrupção da distribuição de energia aos clientes e consequentemente o custo do valor da energia não distribuída aos clientes.

As interrupções acidentais de curta duração dividem-se em interrupções com duração inferior a 1 minuto e interrupções com uma duração entre 1 a 3 minutos. Dentro das interrupções acidentais de curta duração apenas se consideram as interrupções com uma duração entre 1 a 3 minutos, pelo facto de serem estas as interrupções que poderão ser tipicamente resolvidas recorrendo ao telecomando. As interrupções com duração inferior a 1 minuto são normalmente resolvidas através de automatismos incorporados em aparelhos que têm como objetivo isolar e eliminar o defeito (exemplo: proteções diferenciais) e que não precisam de ser telecomandados à distância.

As interrupções acidentais de longa duração são as interrupções que possuem uma duração superior a 3 minutos e que não conseguem ser resolvidas com o telecomando, isto é, precisam de ser resolvidas por técnicos no local por resultarem normalmente de defeitos permanentes na rede.

Com o que foi referido anteriormente, conclui-se que os cálculos de TIEPI que poderá resultar da falha de equipamentos SDH apenas têm em conta as interrupções de curta duração no intervalo de tempo de 1 a 3 minutos e que a duração média de uma interrupção é cerca de 2 minutos.

Para saber qual o número de interrupções médio por subestação foi necessário fazer a recolha do número de interrupções durante a duração do estudo através da análise dos Relatórios de Qualidade de Serviço da EDP Distribuição. Na Tabela 7.11 encontra-se presente o número de subestações e o número de interrupções nas redes de AT e MT entre o ano de 2003 e o ano 2012.



Tabela 7.11 – N° de subestações e interrupções na rede de AT e MT desde 2003 a 2012

Ano	N° de Subestações	Rede AT	Rede MT
2003	377	395	6351
2004	381	391	5304
2005	382	272	4455
2006	383	520	5857
2007	382	311	11087
2008	397	241	11540
2009	399	323	12256
2010	404	359	12492
2011	411	245	11276
2012	414	179	7623

Como o estudo foi efetuado desde o dia 15/12/03 até ao dia 07/05/13 é necessário considerar alguns pressupostos, pelo facto de não se saber qual a distribuição das interrupções ao longo de cada ano e também devido à não existência ainda de dados publicados relativamente ao número de interrupções do ano 2013. Assim, considera-se que as interrupções se distribuem uniformemente ao longo do ano e que, para o pior cenário, o número de interrupções e de instalações no ano de 2013 será o mesmo que no ano de 2012.

Assim, se durante o ano de 2003 ocorreram 395 interrupções na Rede de AT e 6351 interrupções na Rede MT e considerando que  $N_{IAT2003}$  e  $N_{IMT2003}$  representam respetivamente, o número de interrupções na rede AT e MT no período analisado em 2003, então, desde o dia 15/12/2003 ao dia 31/12/2003 (17 dias) ocorreram:

$$N_{IAT2003} = \frac{17 * 395}{365} \simeq 18$$

$$N_{IMT2003} = \frac{17 * 6351}{365} \simeq 295$$

No ano de 2012 ocorreram 179 interrupções na Rede de AT e 7623 interrupções na Rede de MT e considerando que  $N_{IAT2013}$  e  $N_{IMT2013}$  representam respetivamente, o número de interrupções na rede AT e MT durante o estudo efetuado em 2013, assim desde o dia 01/01/2013 até ao dia 07/05/13 (127 dias) ocorreram:

$$N_{IAT2013} = \frac{127 * 179}{365} \simeq 62$$

$$N_{\text{IMT}2013} = \frac{127 * 7623}{365} \simeq 2652$$

Tendo em atenção o que foi considerado anteriormente, a Tabela 7.12 expressa o número de interrupções em todas as subestações durante o estudo efetuado das avarias.

Tabela 7.12 – N° de instalações e interrupções na rede de AT e MT durante o estudo

Ano	N° de Instalações	Rede AT	Rede MT
2003 (parcial)	377	18	295
2004	381	391	5304
2005	382	272	4455
2006	383	520	5857
2007	382	311	11087
2008	397	241	11540
2009	399	323	12256
2010	404	359	12492
2011	411	245	11276
2012	414	179	7623
2013 (parcial)	377	62	2652

Através da Tabela 7.12 retira-se que:

- Número médio de subestações é de 391 subestações;
- Número total de interrupções na Rede de AT é 2921;
- Número total de interrupções na Rede de MT é 84837.

Para calcular o parâmetro TIEPI MT Interno da Matriz de Risco foi necessário saber o número médio de saídas de MT por subestação. Para obter este valor, foram escolhidas 30 subestações da Direção de Redes e Clientes Mondego (DRCM) que darão uma imagem mais ou menos representativa do Panorama Nacional e, com auxílio dos Planos de Contingência da DRCM, divulgados no portal da Direção de Despacho e Condução (DDC), foi possível verificar que existem em média 8 linhas de saída MT por subestação. De seguida foi necessário saber qual a potência instalada por linha MT. Para tal foi fundamental conhecer o número médio de PT's por linha de modo a calcular a potência instalada por linha MT. A

Tabela 7.13 indica a evolução do número de PT's e a potência instalada total dos PT's de 2003 a 2012 de acordo com os Relatórios de Qualidade de Serviço da EDP Distribuição.

Tabela 7.13 – N° de PT's e Potência Instalada dos PT's de 2003 a 2012

Ano	N° de PT's	Potência Instalada dos PT's [MVA]
2003	52.237	14.758
2004	54.744	15.585
2005	56.720	16.279
2006	58.513	16.955
2007	59.841	17.500
2008	61.157	18.170
2009	62.036	18.571
2010	63.223	19.040
2011	64.458	19.417
2012	65.151	19.610

Considerando que em 2013 o número de PT's e a potência instalada é igual ao ano de 2012, em média, na rede da EDP Distribuição existem 60.294 PT's com uma potência média instalada total de 17.772 MVA.

Como uma subestação em média tem 8 linhas de saída MT, a EDP Distribuição nas 391 subestações possui em média 3.128 linhas MT.

Como existem na rede de distribuição EDP cerca de 60.294 PT's e 3.128 linhas MT, o número médio de PT's por linha é de 19 PT's com uma potência instalada de 5.6 MVA cada linha MT. Assim a potência instalada por subestação é dada por:

$$\text{Potência Instalada por subestação} = 8 * 5.6 \text{ MVA} = 44.8 \text{ MVA}$$

Uma interrupção de distribuição de energia numa linha de MT no conjunto total de subestações da EDP Distribuição encontra-se diretamente relacionada com as interrupções que ocorrem nas redes de AT e MT, isto é, se uma linha de AT que se encontra ligada a uma subestação AT/MT sofrer uma interrupção, conseqüentemente todas as linhas de saída MT agregadas à subestação irão interromper a distribuição de energia aos seus clientes. Para além

desta situação, se ocorrer uma interrupção em uma linha MT isolada de uma subestação, os clientes dependentes desta linha irão ficar também sem energia elétrica.

Considerando que  $PLI_{MT391}$  corresponde à probabilidade de uma linha MT sofrer uma interrupção na distribuição de energia e que  $P_{IMT391}$  e  $PI_{AT391}$  correspondem respectivamente, à probabilidade de ocorrer uma interrupção numa saída MT da subestação e à probabilidade de ocorrer uma interrupção de energia numa linha AT, a  $PLI_{MT391}$  é dada pela seguinte expressão:

$$PLI_{MT391} = P_{IMT391} + PI_{AT391}$$

Sabendo que na rede MT ocorreram 84.837 interrupções (número de casos favoráveis) com uma duração média de 2 minutos durante 9,39 anos, e assumindo que no limite em cada 2 minutos durante 9,39 anos pode ocorrer o disparo de todas as linhas MT de todas as subestações (casos possíveis), a  $P_{IMT391}$  é obtida através da seguinte expressão:

$$P_{IMT391} = \frac{N_{IMT}}{N_{SE} * N_{SMT} * D_E * N_D * N_H * N_{B2}}$$

Em que:

$N_{IMT}$  – representa o número total de interrupções na rede MT

$N_{SE}$  – representa o número médio de subestações

$N_{SMT}$  – representa o número médio de saídas MT por subestação

$D_E$  – representa o tempo de duração do estudo, em anos

$N_D$  – representa o número de dias num ano

$N_H$  – representa o número de horas de um dia

$N_{B2}$  – representa o número de blocos de 2 minutos em uma hora

Assim, a probabilidade de ocorrer interrupção numa saída MT de uma subestação é dada por:

$$P_{IMT391} = \frac{84.837}{391 * 8 * 9.39 * 365 * 24 * 30} * 100 \simeq 0.001\%$$

Sabendo que na rede AT ocorreram 2921 interrupções (número de casos favoráveis) com uma duração média de 2 minutos durante 9.39 anos, e assumindo que no limite em cada 2 minutos, durante 9,39 anos, pode ocorrer um disparo de todas as linhas AT (casos possíveis) e que consequentemente afetará diretamente todas as linhas MT da rede EDP Distribuição, a  $PI_{AT391}$  é obtida através da seguinte expressão:

$$PI_{AT391} = \frac{N_{IAT}}{N_{SE} * D_E * N_D * N_H * N_{B2}}$$

Em que:

$N_{IAT}$  – representa o número total de interrupções na rede AT

$N_{SE}$  – representa o número médio de subestações

$D_E$  – representa o tempo de duração do estudo, em anos

$N_D$  – representa o número de dias num ano

$N_H$  – número de horas de um dia

$N_{B2}$  – representa o número de blocos de 2 minutos em uma hora

Assim, a probabilidade de ocorrer uma interrupção de energia numa linha AT é dada por:

$$PI_{AT391} = \frac{2921}{391 * 9.39 * 365 * 24 * 30} * 100 \simeq 0.0003\%$$

A probabilidade de uma linha MT sofrer uma interrupção na distribuição de energia no número total de subestações,  $PL_{MT391}$ , é de 0,0013%

#### 7.3.9.1.4.1. Equipamentos SDH localizados junto aos *FrontEnds*

Para calcular o valor de TIEPI que poderá resultar da falha de um equipamento SDH localizado junto ao *FrontEnd*, o qual é normalmente um nó com muita alta criticidade, é necessário saber qual o número médio de telecomandos (nº de Instalações Elétricas) suportado pelo equipamento. Deste modo, foi efetuada a recolha (Tabela 7.13) do número de telecomandos suportados pelos equipamentos SDH junto aos *FrontEnds* através da análise do documento “Criticidade de Sites de Telecomunicações da Zona Centro”.

Tabela 7.14 – N° de instalações afetadas pelos equipamentos SDH junto aos *FrontEnds*

Localização do SDH	N° de Subestações	N° de Repetidores	N° de Parques Eólicos
<b>Alto São João</b>	27	4	0
<b>Andrinos</b>	25	3	0
<b>Seia</b>	28	5	0
<b>Talagueira</b>	8	1	2
<b>Stª Clara</b>	29	4	0

Da análise da Tabela 7.14, pode verificar-se que cada equipamento SDH suporta o telecomando de subestações, parques eólicos (parques eólicos da EDP Renováveis Portugal, S.A. e da ENEO P2) e repetidores rádio. Contudo, para o presente estudo, apenas foi tido em conta as subestações, devido ao facto do número de parques eólicos ser reduzido e deste modo não possuir muita influência sobre o valor de TIEPI, e também pelo facto de que, caso se optasse por introduzir o número de repetidores na obtenção do TIEPI era necessário saber o número de troços de uma linha MT que eram afetados pelo repetidor, o que trazia complicações no cálculo do TIEPI, sem vantagens significativas no resultado final como se poderá ver mais à frente neste trabalho.

Ao analisar a Tabela 7.14 retira-se que o site SDH mais crítico no conjunto dos equipamentos SDH junto aos *FrontEnds* é o site de Stª Clara, o qual suporta em média o telecomando de 29 subestações. Após a obtenção do número de telecomandos de subestações suportado pelo SDH, é necessário saber qual a probabilidade de haver uma interrupção da distribuição de energia elétrica numa linha de MT nas subestações suportadas pelo SDH no período em que o mesmo se encontrar indisponível. Sabendo que a probabilidade de ocorrer uma interrupção de energia numa linha MT nas 391 subestações,  $PL_{IMT391}$ , é de 0,0013%, então a probabilidade de ocorrer uma interrupção de uma linha MT nas subestações afetadas pelo SDH ( $PL_{IMT29}$ ) é dado pela seguinte expressão:

$$PL_{IMT29} = \frac{29 * PL_{IMT391}}{391} = \frac{29 * 0.0013}{391} = 0.000096 \%$$

O valor de TIEPI das subestações suportadas em termos de telecomando pelo SDH junto ao *FrontEnd* é dado pela seguinte expressão:

$$TIEPI = \frac{PI_{PTSDH} * N_{SEF} * T_I}{PI_{PTREDE}} * PL_{MT29}$$

Em que:

$TIEPI$  – representa o tempo de interrupção equivalente de potência instalada

$PI_{PTSDH}$  – representa a potência instalada média por subestação

$N_{SEF}$  – representa o número médio de telecomandos de subestações suportado pelo equipamento SDH junto ao *FrontEnd*

$T_I$  – representa o tempo estimado até que o piquete inicie a intervenção, em horas

$PI_{PTREDE}$  – representa a potência média instalada total na rede

$PL_{MT29}$  - representa a probabilidade de ocorrer uma interrupção de uma linha MT nas subestações afetadas pelo SDH

Assim, o  $TIEPI$  das subestações suportadas em termos de telecomando pelo SDH junto ao *FrontEnd* é de:

$$TIEPI = \frac{44,8 * 29 * 1}{17.772} * 0.00000096 = 0.00000007 \text{ horas} = 0.000004 \text{ minutos}$$

Deste modo, retira-se que para o parâmetro  $TIEPI$  MT da Matriz de Risco, o  $TIEPI$  tem um significado baixo.

#### 7.3.9.1.4.2. SDH localizado num ponto intermédio da rede

Tendo em atenção o procedimento utilizado no ponto anterior (7.3.9.1.4.1) também neste ponto foi efetuado um estudo do número de telecomandos suportados para cada nó SDH localizado em nós intermédios da rede. Na Tabela 7.15 encontra-se representado o número de telecomandos suportado por esses equipamentos SDH na Região Centro.

Tabela 7.15 – N° de instalações afetadas pelos equipamentos SDH intermédios da rede

Localização do SDH	N° de Subestações	N° de Repetidores	N° de Parques Eólicos
<b>Arouca</b>	2	0	0
<b>Celorico</b>	5	1	0
<b>Lousã</b>	6	1	5
<b>Mogofores</b>	8	0	0
<b>Pombal</b>	5	1	2
<b>Rua do Brasil</b>	1	0	0
<b>Sancheira</b>	4	1	2
<b>Stª Luzia</b>	3	0	0
<b>Várzea</b>	3	1	1
<b>Vila Robim</b>	4	0	0
<b>Viso</b>	7	1	0

Tendo em atenção a Tabela 7.15, repara-se que o nó SDH intermédio da rede mais crítico é o nó de Mogofores e que suporta em média 8 subestações.

Sabendo que a probabilidade de ocorrer uma interrupção de energia numa linha MT nas 391 subestações,  $PL_{MT391}$ , é de 0,0013%, então a probabilidade de ocorrer uma interrupção de uma linha MT nas subestações afetadas por um nó SDH com essas características ( $PL_{MT8}$ ) é dado pela seguinte expressão:

$$PL_{MT8} = \frac{8 * PL_{MT391}}{391} = \frac{8 * 0.0013}{391} = 0.000027 \%$$

Tal como no ponto 7.3.9.1.4.1, o valor de TIEPI das subestações suportadas em termos de telecomando por um equipamento SDH localizado num nó intermédio da rede é calculado do seguinte modo:

$$TIEPI = \frac{PI_{PTSDH} * N_{SEI} * T_I}{PI_{PTREDE}} * PL_{MT8}$$

Em que:

TIEPI – representa o tempo de interrupção equivalente de potência instalada

$PI_{PTSDH}$  – representa a potência instalada média por subestação

$N_{SEI}$  – representa o número médio de telecomandos de subestações suportado pelo equipamento SDH intermédio da rede



$T_I$  – representa o tempo estimado até que o piquete inicie a intervenção, em horas

$PI_{PTREDE}$  – representa a potência média instalada total na rede

$PLI_{MT8}$  - representa a probabilidade de ocorrer uma interrupção de uma linha MT nas subestações afetadas pelo SDH

Assim, o TIEPI das subestações suportadas em termos de telecomando por um equipamento SDH localizado no nó intermédio da rede será:

$$TIEPI = \frac{44,8 * 8 * 1}{17.772} * 0.00000027 = 0.000000005 \text{ horas} = 0.0000003 \text{ minutos}$$

Deste modo, retira-se que para este caso, o parâmetro TIEPI MT da Matriz de Risco, tem igualmente um significado baixo.

#### 7.3.9.1.5. Resultados

O custo médio de uma intervenção de uma avaria num equipamento SDH, independentemente do cenário considerado nas matrizes, será igual ao custo médio de intervenção para as avarias da rede SDH, ou seja cerca de 798,07 €.

Poderão ainda ser considerados eventuais danos económicos provocados pela não distribuição de energia elétrica (END) durante o período de indisponibilidade de telecomando. No entanto, tendo em conta a sua baixa probabilidade de ocorrência durante esse período, foi considerado o nível mais baixo (nível de severidade 1) de impacto no indicador Resultados.

#### 7.3.9.1.6. Período médio entre ocorrências

O período médio de uma intervenção considerado toma o valor ' $f$ ' encontrado no caso mais crítico (1,342 anos), para ambos os cenários, uma vez que deve-se considerar a pior situação conhecida para este tipo de equipamento (equipamento que mais avaria). Tendo em conta o valor do ' $f$ ' a frequência de avarias tem um nível médio de frequência de ocorrências (entre 1 e 2 anos).

### 7.3.9.1.7. Zonas de risco

Para se definir as zonas de risco deve-se ter em conta os recursos económicos disponíveis da empresa de modo a que os investimentos realizados para a redução do risco sejam tomados de forma eficiente e sustentável. Assim, é preciso criar critérios de admissibilidade do risco de forma a definir as fronteiras entre as zonas.

A zona de risco admissível é a zona onde os equipamentos SDH devem estar localizados, pois é aqui que o binómio impacto/probabilidade é admissível. Deve haver um esforço por parte da EDP Distribuição nas situações em que o risco é não admissível ou moderado de modo a implementar ações possíveis de modo a reduzir o risco, tornando-o admissível. É de salientar que estas ações dependem diretamente dos recursos económicos e disponíveis da empresa.

A zona de risco moderado é uma zona intermédia do risco em que o risco já é sentido com alguma intensidade. A EDP só admite situações nesta zona de risco se existirem planos de contingência que o mitiguem.

A zona de risco não admissível é a zona de risco muito grave em que devem ser implementadas medidas urgentes de forma a reduzir a gravidade do risco.

### 7.3.9.2. Matriz de Risco resultante

As Figuras 7.13 e 7.14 ilustram as matrizes resultantes para os equipamentos SDH localizados junto ao *FrontEnd* e SDH intermédios da rede, respetivamente.

Impactos												
Valores de Negócio		Sustentabilidade		Reputação	Qualidade de Serviço	Económicos	Frequência					
							Período Médio Entre Ocorrências (em anos)					
							Muito Elevada (f50,5)	Elevada (1≥f20,5)	Média (2≥f21)	Baixa (5≥f22)	Muito Baixa (5≥f23)	
Indicadores		Segurança das Pessoas	Ambiente	Repercussão nos Média e População	TIEPI MT Interno (min)	Resultados (k€)	5	4	3	2	1	
Nível de Severidade	5 - Muito Crítico						I1	I2	I4	M5	M1	
	4 - Crítico						I3	I5	M6	M2	A10	
	3 - Significado Alto						I6	M7	M3	A9	A6	
	2 - Significado Médio						M8	M4	A8	A5	A3	
	1 - Significado Baixo						A11	A7	A4	A2	A1	

Figura 7.13 – Matriz de Risco resultante para os equipamentos SDH junto aos *FrontEnds*

Impactos											
Valores de Negócio		Sustentabilidade		Reputação	Qualidade de Serviço	Económicos	Frequência				
Indicadores	Segurança das Pessoas	Ambiente	Repercussão nos Média e População	TIEPI MT Interno (min)	Resultados (k€)	Período Médio Entre Ocorrências (em anos)					
						Muito Elevada (f≤0,5)	Elevada (1≥f≥0,5)	Média (2≥f≥1)	Baixa (5≥f≥2)	Muito Baixa (5≥f)	
						5	4	3	2	1	
5 - Muito Crítico						I1	I2	I4	M5	M1	
4 - Crítico						I3	I5	M4	M2	A10	
3 - Significado Alto						I6	M7	M3	A9	A6	
2 - Significado Médio						M8	M4	A8	A5	A3	
1 - Significado Baixo						A11	A7	A4	A2	A1	

Figura 7.14 – Matriz de Risco resultante para os equipamentos SDH intermédios da rede

Estas matrizes foram preenchidas com base nos níveis de impacto/severidade identificados para cada um dos indicadores referidos em 7.3.9.1, e ainda considerando uma probabilidade de ocorrência de falha de equipamentos SDH baseada na frequência de avarias do pior caso registado.

#### 7.4. Proposta de atuação para mitigação dos riscos

Da mesma forma que foram construídas duas matrizes de risco para os casos típicos de equipamentos SDH, também irão ser propostas soluções mitigadoras de risco para cada uma delas.

Apesar de estar preconizada a realização de MPS no documento de Políticas de Manutenção do ATOM, na realidade a intervenção nestes equipamentos tem-se resumido a efetuar alterações ou a intervir nas avarias. Uma vez que o SDH é um equipamento cujas avarias tendem a aumentar com o passar do tempo, sugere-se em primeiro lugar a realização de manutenções preventivas sistemáticas, que se espera que resultem numa diminuição do número de incidências das mesmas.

Como os equipamentos SDH possuem um nível de fiabilidade elevado, como foi comprovado, existe um conhecimento debilitado sobre os equipamentos SDH por parte dos técnicos devido ao baixo índice de contacto com os mesmos. Deste modo, os técnicos não se sentem tão à vontade em comparação com um equipamento que esteja “frequentemente” a avariar, como é o caso do equipamento PDH.

No entanto a implementação desta MPS, apesar de atuar na redução da incidência do risco, não reduzirá o seu impacto (a abrangência e duração das avarias não diminuirão em caso de acontecerem).

Assim, pensou-se em outras medidas de atuação que juntamente com a manutenção preventiva sistemática pudessem reduzir a probabilidade de ocorrência de avarias e o seu impacto.

Antes de se passar às propostas de manutenção propriamente ditas, será importante ainda referir que quando um técnico se desloca para ir realizar manutenção preventiva sistemática ao equipamento SDH, ele irá aproveitar essas viagens para fazer manutenção aos outros equipamentos de telecomunicações que se situam no mesmo site. Com isto, não só se dilui os custos de manutenção como também a probabilidade de ocorrência de avarias para os outros equipamentos de telecomunicações.

#### 7.4.1. Proposta de mitigação do risco nos nós SDH juntos aos *FrontEnds*

Para os equipamentos SDH junto aos *FrontEnds* propõem que se faça manutenção preventiva sistemática de 1 em 1 ano de modo a que o risco deixe de ser um risco entre moderado e não admissível e passe a ser um risco apenas moderado.

Ao recorrer-se à manutenção preventiva para os equipamentos SDH junto aos *FrontEnds* prevê-se que o risco da ocorrência de avarias deixará de estar localizado numa frequência de falhas média (M6) e passará a ocupar o lugar de frequência de falhas baixa (M2), período entre falhas entre 2 a 5 anos, como se encontra representado na Figura 7.15.

Impactos						Frequência				
Valores de Negócio	Sustentabilidade		Reputação	Qualidade de Serviço	Económicos	Período Médio Entre Ocorrências (em anos)				
Indicadores	Segurança das Pessoas	Ambiente	Repercussão nos Média e População	TIEPI MT Interno (min)	Resultados (k€)	Muito Elevada (f50,5)	Elevada (1≥f20,5)	Média (2≥f21)	Baixa (5≥f22)	Muito Baixa (5≥f)
						5	4	3	2	1
Nível de Severidade	5 - Muito Crítico					I1	I2	I4	M5	M1
	4 - Crítico					I3	I5	M6	M2	A10
	3 - Significado Alto					I6		M3	A9	A6
	2 - Significado Médio					M8	M4	A8	A5	A3
	1 - Significado Baixo					A11	A7	A4	A2	A1

Figura 7.15 – Matriz de Risco com a implementação da MPS

No entanto, o risco para os nós SDH juntos aos *FrontEnds* continua a ser o nível M2, que é ainda considerado risco moderado e portanto não desejável. Desta forma é desejável acrescentar mais um modo de atuação para que o nível de impacto do risco também diminua. Deste modo, para ajudar a diminuir o impacto, propõe-se atuar na redução do impacto na reputação em caso de falha dos equipamentos através de uma redução na duração da resolução de avarias críticas, recorrendo a um contrato com a Alcatel (fornecedor dos equipamentos) de modo a fornecer uma linha telefónica de apoio aos técnicos aquando na intervenção da avaria.

Este apoio telefónico poderia ser complementado com intervenções da Alcatel no terreno em avarias mais críticas cuja resolução não esteja ao alcance dos técnicos da EDP.

Tendo em consideração o reduzido número de avarias que ocorrem neste tipo de equipamentos e ainda o menor número de avarias que cuja resolução não está ao alcance dos técnicos da EDP Distribuição, a realização de um contrato de manutenção corretiva puro com esta empresa ocorreria em custos onerosos e desnecessários.

Desta forma sugere-se a realização de um contrato tipo “Gold Card” que cobrisse as necessidades acima identificadas.

Para definição das condições desse contrato e dos custos envolvidos deverá ser tido em conta:

- A necessidade de um plafond de chamadas telefónicas;
- A necessidade de um plafond de intervenções no terreno;
- O facto da Alcatel já possuir equipas permanentemente de disponibilidade para outros fins;
- A abrangência do contrato seria a todos os equipamentos SDH existentes a nível nacional.

Ao efetuar esta ação prevê-se que o impacto na repercussão reduza o nível crítico para significado alto e conseqüentemente o nível de risco passe do nível de risco M2 para um nível de risco A9, correspondente a um nível admissível, como se encontra presente na Figura 7.16.

Impactos											
Valores de Negócio		Sustentabilidade		Reputação	Qualidade de Serviço	Económicos	Frequência				
Indicadores	Segurança das Pessoas	Ambiente	Repercussão nos Média e População	TIEPI MT Interno (min)	Resultados (k€)	Período Médio Entre Ocorrências (em anos)					
						Muito Elevada (f≤0,5)	Elevada (1≥f≥0,5)	Média (2≥f≥1)	Baixa (5≥f≥2)	Muito Baixa (5≥f)	
						5	4	3	2	1	
5 - Muito Crítico						I1	I2	I4	MPS	M1	
4 - Crítico						I3	I5	M6	M2	A10	
3 - Significado Alto						I6	M7	M3	A9	Apoio da Alcatel A6	
2 - Significado Médio						M8	M4	A8	A5	A3	
1 - Significado Baixo						A11	A7	A4	A2	A1	

Figura 7.16 – Matriz de Risco com a implementação do contrato de apoio da Alcatel

#### 7.4.1.1. Custos associados à proposta de mitigação

Sabendo que a manutenção preventiva sistemática nos equipamentos SDH junto aos *FrontEnds* é realizada de um em um ano e estimando que o equipamento SDH possui ainda um tempo operacional previsto de cerca de 10 anos, retira-se que poder-se-ia fazer 10 MPS durante esse período.

Considerando que uma MPS é realizada apenas por um técnico e que a duração de intervenção no local é de cerca de uma hora então o custo da MPS é dado pela expressão de Figura 7.17.

$$\text{Custo MPS} = \text{Custo Viagem Ida Técnico} + \text{Custo Intervenção No local Técnico} + \text{Custo Viagem Volta Técnico}$$

Figura 7.17 – Parcelas que entram no custo de uma MPS

Após saber as parcelas que compõem o custo de uma MPS é necessário obter um custo médio de uma MPS de modo a aplicar às quatro zonas geográficas de intervenção independentemente do sítio onde o equipamento SDH se localiza. Assim, na Tabela 7.16 é obtido o custo médio de uma MPS através dos custos de manutenção obtidos para todos os *sites* do país que possuem um equipamento SDH junto ao *FrontEnd*.

Tabela 7.16 – Custos de MPS para os nós SDH juntos aos *FrontEnds*

Zona	SDH Junto ao Frontend	Duração Viagem [horas]	Duração Intervenção [horas]	Distância [km]	Custo da Viagem [€]	Custo da Manutenção [€]
Zona Norte	Braga	0:45	1:00	61	13,42	68,42
	Ruivães	0:30	1:00	43	9,46	53,46
	Vila Real	1:15	1:00	102	22,44	99,44
	Ermesinde	0:20	1:00	19	4,18	40,85
Zona Centro	Seia	1:15	1:00	100	22	99,00
	Coimbra	0:15	1:00	5	1,1	34,10
	Leiria	1:00	1:00	70	15,4	81,40
	Castelo Branco	2:00	1:00	200	44	154,00
Lisboa	Olho de Boi	0:20	1:00	13	2,86	39,53
	Loures	0:25	1:00	23	5,06	45,39
	Palhavã	0:35	1:00	36	7,92	55,59
	Carenque	0:25	1:00	18	3,96	44,29
Setúbal	S.Sebastião	0:15	1:00	10	2,2	35,20
	Évora	1:05	1:00	100	22	91,67
	Beja	1:45	1:00	145	31,9	130,90
	Loulé	2:00	1:00	231	50,82	160,82
Custo médio da MPS [€]						77,13

Através da Tabela 7.16 retira-se que o custo médio de uma MPS a um equipamento SDH ( $C_{MPSE}$ ), quando realizado por técnicos da EDP Distribuição é de 77,13 €. Se para cada um dos equipamentos SDH junto aos *FrontEnds*, até ao fim do seu tempo operacional, é necessário fazer 10 MPS e considerando que  $N_{MPSE}$  e  $N_F$  representam o número de MPS e o número de equipamentos SDH junto aos *FrontEnds* a nível nacional, respetivamente, então o custo médio das MPS nos equipamentos SDH junto aos *FrontEnds* ( $C_{MPSEF}$ ) durante o seu tempo operacional é dado por:

$$C_{MPSEF} = N_{MPSE} * N_F * C_{MPSE}$$

$$C_{MPSEF} = 10 * 16 * 77,13 = 12.340,8€$$

Prevendo que através da implementação de MPS, o período médio entre ocorrências possa passar de 1,342 anos para 3,3 anos ( $f_N$ ), resultado de uma redução de avarias provocadas por falhas de cablagem e degradação de equipamentos, conseguir-se-á uma mitigação do risco através da passagem de um nível de risco M6 para M2 na Matriz de Risco.

Assim, a nova taxa de avarias ( $\lambda_{NCRIT}$ ) estimada será dada por:

$$\lambda_{NCRIT} = \frac{1}{F_N} = \frac{1}{3,3} = 0,303 \text{ avarias/ano}$$

Assumindo que do mesmo modo que a aplicação da MPS contribuirá para a redução do número médio de avarias, a nova taxa de avarias média estimada ( $\lambda_{MMPS}$ ) será de 0,0585 avarias/ano.

Considerando que em 10 anos ter-se-ia o mesmo número de avarias que durante os 9,39 anos, deste modo, se a EDP Distribuição tivesse optado por aplicar MPS aos equipamentos SDH, ter-se-ia um número médio de avarias por equipamento SDH ( $N_{AMPS}$ ), nesse período de:

$$N_{AMPS} = \lambda_{MMPS} * \text{tempo operacional}$$

$$N_{AMPS} = 0,0585 * 10 \simeq 0,585 \text{ avarias}$$

#### 7.4.1.1.1. Custo de manutenção sem MPS

O custo antes de se implementar uma filosofia de MPS será igual ao custo de reparação de avarias, ou seja, é obtido através do produto do custo da intervenção médio na avaria ( $C_{MI}$ ) de um equipamento SDH na rede pelo número médio de avarias existente em 10 anos ( $N_A$ ).

Deste modo, o custo médio de reparação de avarias por equipamento ( $C_{MREF}$ ) num período de 10 anos é dado por:

$$C_{MREF} = C_{MI} * N_A$$

$$C_{MREF} = 798,07 * 1,17 = 933,7419 \text{ €}$$

Assumindo que os equipamentos a nível nacional terão um perfil de avarias idêntico ao dos da Região Centro, então o custo estimado para uma manutenção corretiva no leque de equipamentos junto aos *FrontEnds* a nível nacional num período de 10 anos ( $C_{MRPF}$ ) é dado pelo produto do custo médio de reparação de avarias por equipamento ( $C_{MREF}$ ) pelo número de equipamentos SDH junto aos *FrontEnds* existente na rede ( $N_F$ ). Ao observar a Figura 3.51 retira-se que o valor associado a  $N_F$  é 16. Assim, o valor de  $C_{MRPF}$  é dado por:

$$C_{MRPF} = C_{MREF} * N_F$$

$$C_{MRPF} = 933,7419 * 16 = 14.939,87 \text{ €}$$

O custo de manutenção nos equipamentos SDH junto aos *FrontEnds* no país, antes de se aplicar a manutenção preventiva sistemática, é de 14.939,87 € durante o tempo operacional do equipamento SDH.



#### 7.4.1.1.2. Custo de manutenção com MPS

Se a EDP Distribuição optar por realizar a conjugação das manutenções preventivas com a manutenção corretiva, o custo total da manutenção a nível nacional será dado pela soma do custo das manutenções corretivas e preventivas nos equipamentos SDH junto aos *FrontEnds*. Considerando que o somatório do custo de manutenção corretiva com o custo da manutenção preventiva condicionada ( $C_{MPCF}$ ) é aproximadamente igual ao custo da manutenção corretiva ( $C_{MMRPF}$ ) uma vez que as manutenções decorrentes deste tipo de manutenção terão sido no geral registadas na base de dados das avarias registadas. Tendo em atenção ao que foi anteriormente referido, o custo total de manutenção com MPS nos SDH junto aos *FrontEnds* ( $C_{TF}$ ) é dado por:

$$C_{TF} = C_{MPSF} + C_{MMRPF}$$

$$C_{TF} = 12.340,8 + (798,07 * 16 * 0,585) = 19.810,74 \text{ €}$$

A aplicação da filosofia de manutenção preventiva sistemática à atual política de manutenção da EDP Distribuição implicava, num período de 10 anos, apenas um custo adicional em relação à atual política de 4.870,87 €.

#### 7.4.2. Proposta de mitigação do risco nos nós SDH intermédios da rede

Para os nós intermédios da rede o risco é moderado (M3). Desta forma propõe-se a aplicação de uma manutenção preventiva sistemática de 2 em 2 anos durante o tempo operacional previsto, de modo a reduzir a probabilidade de ocorrência de falhas, tornando assim o risco de falhas admissível (A9), como se encontra presente na Figura 7.17.

Impactos											
Valores de Negócio		Sustentabilidade		Reputação	Qualidade de Serviço	Económicos	Frequência				
Indicadores		Segurança das Pessoas	Ambiente	Repercussão nos Média e População	TIEPI MT Interno (min)	Resultados (k€)	Período Médio Entre Ocorrências (em anos)				
							Muito Elevada (f50,5)	Elevada (1≥f20,5)	Média (2≥f21)	Baixa (5≥f22)	Muito Baixa (5≥f23)
							5	4	3	2	1
Nível de Severidade	5 - Muito Crítico						I1	I2	I4	M5	M1
	4 - Crítico						I3	I5	M6	M2	A10
	3 - Significado Alto						I6		M3	A9	A6
	2 - Significado Médio						M8	M4	A8	A5	A3
	1 - Significado Baixo						A11	A7	A4	A2	A1

Figura 7.18—Matriz de Risco com MPS e com apoio da Alcatel nos SDH intermédios na rede

Será importante referir que o apoio da Alcatel não se aplica apenas aos equipamentos SDH junto aos *FrontEnds* mas também aos nós SDH intermédios na rede. No entanto, não se prevê que essa filosofia possa reduzir o impacto, pois considerando que a falha de um equipamento SDH intermédio da rede afecta sempre uma zona geográfica relativamente limitada, a intervenção da Alcatel não mudará significativamente a severidade da repercussão em caso de ocorrências.

#### 7.4.2.1. Custos associados à proposta de mitigação

Preconizando uma manutenção preventiva sistemática nos equipamentos SDH intermédios da rede de 2 em 2 anos, então para o tempo estimado operacional, nos equipamentos SDH intermédios da rede serão realizadas 5 MPS com custo médio de intervenção na MPS ( $C_{MPSE}$ ) de 77,13 €, durante o tempo operacional do equipamento SDH.

Considerando que  $N_{MPSI}$  e  $N_I$  representam o número de MPS e o número de equipamentos SDH intermédios da rede a nível nacional, respetivamente, e tendo em conta que  $N_I$  toma o valor 73, então o custo médio das MPS nos equipamentos SDH intermédios da rede ( $C_{MPSI}$ ) durante o seu tempo operacional é dado por:

$$C_{MPSI} = N_{MPSI} * N_I * C_{MPSE}$$

$$C_{MPSI} = 5 * 73 * 77,13 = 28.152,45 \text{ €}$$

##### 7.4.2.1.1. Custos de manutenção sem MPS

O custo antes de se implementar uma filosofia de MPS será igual ao custo de reparação de avarias, ou seja, é obtido através do produto do custo da intervenção médio na avaria ( $C_{MI}$ ) de um equipamento SDH na rede pelo número médio de avarias existente em 10 anos ( $N_A$ ).

Deste modo, o custo médio de reparação de avarias por equipamento ( $C_{MREI}$ ) num período de 10 anos é dado por:

$$C_{MREI} = C_{MI} * N_A$$

$$C_{MREI} = 798,07 * 1,17 = 933,7419 \text{ €}$$

Assumindo que os equipamentos a nível nacional terão um perfil de avarias idêntico ao dos da Região Centro, então, o custo estimado para uma manutenção corretiva no leque de equipamentos intermédios da rede a nível nacional num período de 10 anos ( $C_{MRPI}$ ) é dado pelo produto do custo médio de reparação de avarias por equipamento ( $C_{MREI}$ ) pelo número de equipamentos SDH intermédios na rede ( $N_I$ ). Assim, o valor de  $C_{MRPI}$  é dado por:

$$C_{MRPI} = C_{MREI} * N_I$$

$$C_{MRPI} = 933,7419 * 73 = 68.163,16 \text{ €}$$

O custo de manutenção nos equipamentos SDH intermédios na rede, antes de se aplicar a manutenção preventiva sistemática é de 68163,16 € durante o tempo operacional do equipamento SDH.

#### 7.4.2.1.2. Custos de manutenção com MPS

Seguindo o mesmo raciocínio descrito no ponto 7.4.1.1.2, considera-se que o somatório do custo de manutenção corretiva com o custo da manutenção preventiva condicionada ( $C_{MPCI}$ ) é aproximadamente igual ao custo da manutenção corretiva ( $C_{MMRPI}$ ), uma vez que as manutenções decorrentes deste tipo de manutenção terão sido no geral registadas na base de dados das avarias registadas. Tendo em atenção ao que foi anteriormente referido, o custo total de manutenção com MPS nos SDH intermédios da rede ( $C_{TI}$ ) é dado por:

$$C_{TI} = C_{MPSI} + C_{MMRPI}$$

$$C_{TI} = 28.152,45 + (798,07 * 73 * 0,585) = 62.234,03 \text{ €}$$

A aplicação da filosofia de manutenção preventiva sistemática à atual política de manutenção da EDP Distribuição implicava, num período de 10 anos, uma redução do custo em relação à atual política de 5929,13 €.

## 7.5. Contrato com o fornecedor de equipamentos SDH

Para mitigação do risco das falhas de equipamentos SDH propõe-se a celebração de um contrato com a Alcatel, de modo a que a Alcatel possa disponibilizar alguns dos seus serviços em algumas das avarias críticas dos equipamentos da tecnologia SDH.

Preconiza-se que este acordo entre a Alcatel e a EDP Distribuição preveja que a Alcatel disponibilize 2 dos seus especialistas técnicos localizados um na zona norte e outro na sul de modo a fazer a cobertura das quatro áreas de atuação do ATOM num tempo aceitável.

Esta disponibilidade deverá ser realizada 24 horas por dia e 365 dias por ano e ativada sempre que a situação o justifique.

Como o número médio de falhas por equipamento tem o valor de 0,117 avarias/ ano durante o intervalo de tempo estudado e como a rede da tecnologia SDH é constituída por 89 equipamentos a nível nacional, isto implica que o número de avarias durante o intervalo de tempo estudado seja aproximadamente 104 avarias. Conforme já referido, o número de avarias registadas não corresponde ao número real de avarias. Desta forma estima-se que o valor anterior corresponda na realidade a cerca de 145 avarias (+ 40% do número de avarias). Contudo, e conforme já referido, apenas uma pequena parte do número de avarias é que necessitará de apoio dos especialistas técnicos da Alcatel pelo que o tipo de contrato “Gold Card” satisfazerá as necessidades da EDP Distribuição.

A criação deste contrato entre as duas empresas é compensatório, dado que a Alcatel já disponibiliza em cada zona uma equipa de técnicos a prestar serviços para outras empresas de telecomunicações e assim, deste modo, a Alcatel ganha mais um serviço e a EDP Distribuição fica com dois especialistas técnicos ao seu dispor para resolver mais rapidamente as avarias dos equipamentos SDH.

### 7.5.1. Serviços a disponibilizar

O nível de serviço que se pretende que seja disponibilizado pela Alcatel será:

- Serviço de emergência 24 horas;
- Diagnóstico remoto;
- *On Call Support*.

#### **7.5.1.1. Serviço de Emergência 24 horas**

O serviço de emergência é um serviço que está disponível 24 horas por dia e 365 dias por ano. Este serviço serve para ajudar os técnicos durante as avarias mais complicadas, ou quando os técnicos a solicitarem. Este serviço garante a deslocação de um especialista ao local da avaria para resolver as avarias ocorridas. O tempo de atuação dos técnicos depende da gravidade da avaria. Assim, quanto mais grave forem as consequências da avaria do equipamento SDH, mais rápido deverá ser o tempo de atuação dos especialistas técnicos da Alcatel.

O serviço de emergência 24 horas apenas compreende a recuperação do sistema num curto espaço de tempo de modo a colocar o sistema em disponibilidade o mais rápido possível.

Como este serviço de emergência, tal como o nome indica, é apenas para situações críticas, quando o técnico da EDP pede a solicitação deste serviço, do outro lado da Alcatel, quem vai atender é diretamente o especialista técnico de modo a reduzir os tempos de administração.

#### **7.5.1.2. Diagnóstico Remoto**

Para reduzir o tempo de indisponibilidade dos equipamentos SDH no caso da ocorrência de avarias, com o estabelecimento do presente contrato a Alcatel terá autorização da EDP para ter acesso à rede SDH de modo a resolver as avarias momentâneas ou as avarias mais críticas quando possível através do Sistema de Supervisão da Rede. Deste modo, os especialistas técnicos das Alcatel têm acesso à rede SDH e correm todos os diagnósticos necessários para avaliar o estado dos equipamentos SDH.

#### **7.5.1.3. On Call Suport**

O serviço *On Call Suport* da Alcatel serve para apoiar os técnicos da EDP no esclarecimento de questões técnicas durante as avarias. Este serviço deverá encontrar-se também disponível 24 horas por dia e 365 dias por ano.

### 7.5.2. Condições do contrato

Todos os pedidos de intervenção por parte da EDP Distribuição à Alcatel devem ser feitos por telefone. O especialista técnico da Alcatel após receber este pedido de intervenção irá validar os dados do utilizador ou o número de telemóvel.

Este contrato inclui:

- A mão-de-obra empregue na reparação da avaria no caso do Serviço de Emergência 24 horas;
- Apoio telefónico por parte dos técnicos durante toda a intervenção da avaria, desde do momento que é solicitada até ao momento que é dispensada;
- No caso do Serviço de Emergência 24 horas, a duração da intervenção dos especialistas técnicos não deverá ultrapassar as 05h00m após a solicitação.
- 10 Serviços *On Call Support*;
- 5 Serviços de Emergência on-site 24 horas;
- Caso seja solicitado mais serviços do que os disponibilizados, por cada serviço extra, terá um acréscimo para a EDP Distribuição no valor do contrato de cerca de 10% para cada serviço de Emergência 24 horas extra e de 2% para cada serviço *On Call Support* extra.

### 7.5.3. Valor atribuído ao contrato

Tendo em conta o que foi exposto no ponto 7.5.2 e que a solução proposta deverá ser extrapolada para todo o país (4 zonas) e tendo em consideração que serão necessários dois especialistas técnicos para fazer a cobertura nacional da rede SDH, considera-se que o valor justo para atribuir a este contrato será de 32.846,42€.

Para justificar o valor monetário apresentado é necessário ter em conta que:

- ❖ A EDP Distribuição atribui a cada nível de risco presente na Matriz de Risco um valor monetário;
- ❖ O valor monetário atribuído a cada nível de risco será tanto maior quanto maior for o nível de risco;
- ❖ A proposta de uma solução mitigadora implica sempre uma deslocação na Matriz de Risco. Cada deslocação está associada a um ganho, em termos da redução do custo do

risco que, para que a solução mitigadora se considerar economicamente viável, deverá ser sempre superior ao custo que se prevê investir na implementação da solução;

- ❖ Os especialistas técnicos da Alcatel encontram-se presentes nas zonas do Porto e Lisboa, o que faz com que, a duração da sua intervenção seja em média superior à duração das avarias resolvidas pelos técnicos da EDP Distribuição, devido ao tempo acrescido perdido na deslocação;
- ❖ Assumindo que, no limite, as avarias ocorrem em horário de disponibilidade, considera-se que cada hora de intervenção terá um custo de 33 euros;
- ❖ Assumindo que a duração média do Serviço *On Call Support* é cerca de 1 hora;
- ❖ A Alcatel possui uma equipa de técnicos especialistas que presta serviços a várias empresas, nomeadamente operadores de redes de telecomunicações. Deste modo, acha-se justo a EDP Distribuição contribuir com cerca de 20 % do valor que a Alcatel paga aos seus especialistas técnicos pela disponibilidade da equipa durante o contrato;
- ❖ A EDP Distribuição terá de contribuir com um custo extra de cerca de 30 % dos encargos que a Alcatel tem com a permanente disponibilidade dos técnicos de forma a criar lucros à Alcatel;
- ❖ Prevê-se que o *plafond* de intervenção nunca seja atingido, dando assim mais margem de ganho à Alcatel.

#### 7.5.3.1. Valor do ganho na redução do risco

Tendo em conta que a proposta de uma solução mitigadora implica normalmente, uma deslocação do nível de risco na Matriz de Risco, é importante referir qual o valor do ganho resultante dessa deslocação.

Para os equipamentos SDH junto aos *FrontEnds*, a implementação das soluções mitigadoras, fez com que, o nível de risco deixasse de ser o nível M6 e passasse a ser o nível A9. Enquanto que nos equipamentos intermédios da rede, a implementação da solução irá fazer com que o nível de risco deixe de ser M3 e passe a ser A9.

Nos equipamentos SDH junto aos *FrontEnds*, tem-se que

**Custo do Risco Atual:** 2167 k€

**Custo do Risco da Solução:** 321 k€

O ganho na redução do risco é dado pela subtração do custo do risco atual pelo custo do risco da solução proposta. Assim, o valor do ganho é dado por:

$$\text{Valor do ganho na redução do risco} = 2167 - 321 = 1846 \text{ k€}$$

Através do valor do ganho na redução do risco já se sabe que, para os equipamentos SDH junto aos *FrontEnds*, o investimento na solução mitigadora, para ser considerada economicamente viável, deve ser inferior a 1846 k€.

Tendo em conta que o custo acrescido com política de MPS e o valor por equipamento do contrato com a Alcatel será de 37.717,29 euros, considera-se altamente vantajosa a aplicação da solução mitigadora proposta.

Para os equipamentos SDH intermédios na rede, tem-se que:

**Custo do Risco Atual:** 750 k€

**Custo do Risco da Solução:** 321 k€

Tendo em atenção ao que foi dito anteriormente, o valor do ganho é dado por:

$$\text{Valor do ganho na redução do risco} = 750 - 321 = 429 \text{ k€}$$

Através do valor do ganho na redução do custo já se sabe que, para os equipamentos SDH intermédios da rede, o investimento na solução mitigadora, para ser considerada economicamente viável deve ser inferior a 429 k€.

Tendo em conta que a redução do custo com a política MPS proposta como solução de mitigação será de 5929,13 euros. Considera-se vantajosa a aplicação da solução mitigadora proposta para os nós intermédios da rede.

#### 7.5.3.2. Determinação dos custos com contrato “Gold Card” com fornecedor

Como o presente contrato contempla 5 Serviços de Emergência 24 horas com uma duração de intervenção de cerca de 5 horas, e considerando que  $N_{SE24}$ ,  $D_{SE24}$  e  $C_{ET}$  representam o número de serviços de emergência 24 horas, a duração destes serviços e o custo de um especialista técnico por cada hora de intervenção, respetivamente, o custo dos serviços de Emergência 24 horas ( $C_{SE24}$ ) será dado pela seguinte expressão:



$$C_{SE24} = N_{SE24} * D_{SE24} * C_{ET}$$

$$C_{SE24} = 5 * 5 * 33 = 825 \text{ €}$$

Para além dos Serviços de Emergência 24 horas, também são incluídos no contrato 10 Serviços de *On Call Support*. Considerando que  $N_{OCS}$  e  $D_{OCS}$  representam o número de serviços *On Call Support* e a duração desses serviços, respetivamente. O custo dos serviços *On Call Support* ( $C_{CS}$ ) é dado por:

$$C_{CS} = N_{OCS} * D_{OCS} * C_{ET}$$

$$C_{CS} = 10 * 1 * 33 = 330\text{€}$$

A Alcatel para disponibilizar os serviços contratados terá um encargo ( $C_S$ ) dado pela seguinte expressão:

$$C_S = C_{SE24} + C_{CS}$$

$$C_S = 825 + 330 = 1155 \text{ €}$$

### 7.5.3.3. Encargos

Tal como foi referido no ponto 7.5.3, será considerado de bom senso a EDP Distribuição contribuir com uma percentagem de 20% à Alcatel no sentido de compensar a disponibilidade total dos especialistas técnicos ao longo do ano e de 30% para margem de ganho da Alcatel.

Para a primeira situação, encargos com a disponibilidade dos especialistas técnicos, é necessário saber os encargos que a Alcatel tem com dois especialistas técnicos por ano.

Considerando que um ano tem 365 dias, repartidos por 52 Sábados, 52 Domingos e 261 dias úteis, a carga horária durante o regime normal de trabalho ( $C_{HN}$ ) é dada pelo produto do número de dias úteis existentes num ano ( $N_{DU}$ ) pelo número de horas que um especialista técnico trabalha por dia, durante o regime normal de trabalho ( $N_{HN}$ ), que é normalmente 8 horas por dia. Deste modo, a  $C_{HN}$  de um especial técnico, é dada pela seguinte expressão:

$$C_{HN} = N_{DU} * N_{HN}$$

$$C_{HN} = 261 * 8 = 2088 \text{ horas}$$

Após saber que a  $C_{HN}$  é cerca de 2088 horas, retira-se que a remuneração da carga horária durante o regime normal de trabalho ( $C_{CHN}$ ) de um especialista técnico, é dado pelo produto da  $C_{HN}$  pelo custo por hora de um especialista técnico ( $C_{ET}$ ). Assim, o  $C_{CHN}$  é dado por:

$$C_{CHN} = C_{HN} * C_{ET}$$

$$C_{CHN} = 2088 * 22 = 45.936 \text{ €}$$

A carga horária durante o regime de disponibilidade ( $C_{HD}$ ) representa o número de horas que um especialista técnico num ano trabalha no regime de disponibilidade. Considerando que o número de horas que um especialista técnico trabalha por dia útil é cerca de 16 horas ( $N_{HI}$ ) e que  $N_{HSD}$  e  $N_{SD}$  representam o número de horas dos Sábados e Domingos inteiros e o número de Sábados e Domingos existentes num ano.

A  $C_{HD}$  é dada pela seguinte fórmula:

$$C_{HD} = N_D * N_{HI} + N_{HSD} * N_{SD}$$

$$C_{HD} = 261 * 16 + 24 * 104 = 6672 \text{ horas}$$

Após a obtenção da carga horária de um especialista técnico no regime de disponibilidade é importante ter em conta os custos em ter um técnico sempre disponível em regime de disponibilidade ( $C_{CHD}$ ). Assim, o valor da remuneração horária é calculado através da seguinte fórmula [73]:

$$R_H = \frac{R_N * 12}{52 * H}$$

Em que:

$R_H$  – representa a remuneração horária;

$R_D$  – representa a remuneração diária;

$R_N$  – representa a remuneração normal mensal;

H- representa o número de horas semanais;

Admitindo que a remuneração normal mensal a um especialista técnico é cerca de 2500 € e que trabalha cerca de 40 horas por semana, vem que:

$$R_H = \frac{2500 * 12}{52 * 40} = 14,42 \text{ €/hora}$$

E considerando que um especialista técnico da Alcatel possui os mesmos direitos que um técnico da EDP Distribuição, assim, cada especialista técnico ganha em regime de disponibilidade cerca de 15% da remuneração horária normal por cada hora de disponibilidade [73]. Assim, o  $C_{CHD}$  é dado por:

$$C_{CHD} = 0,15 * R_H * C_{HD}$$

$$C_{CHD} = 0,15 * 14,42 * 6672 = 14.431,54 \text{ €}$$

Deste modo, a Alcatel tem em ter permanentemente disponível um especialista técnico em cada um dos seus pólos num ano é dado por:

$$C_E = C_{CHN} + C_{CHD}$$

$$C_E = 45.936 + 14.431,54 = 60.367,54 \text{ €}$$

Como o contrato contempla a disponibilidade permanente de dois especialistas técnicos, um no Porto e outro em Lisboa, quer dizer que o encargo de dois técnicos no final de um ano ( $C_{E2}$ ) é cerca de:

$$C_{E2} = 60.367,54 * 2 = 120.735,08 \text{ €}$$

Assumindo uma comparticipação de 20% desses custos pela EDP Distribuição pelos motivos já apresentados ( $C_{EDPE}$ ), significa que no valor do contrato tem-se que contemplar ainda:

$$C_{EDPE} = 0,2 * (C_S + C_{E2})$$

$$C_{EDPE} = 0,2 * (1155 + 120.735,08) = 24.378,016 \text{ €}$$

Considerando ainda no contrato a margem de 30% referida para margem de lucro da Alcatel ( $C_{EDPA}$ ) tem-se ainda acrescentar o seguinte valor ao custo anterior referido:

$$C_{EDPA} = 0,3 * 24.378,016 = 7.313,405 \text{ €}$$

#### 7.5.3.4. Valor apropriado

O valor considerado apropriado para a EDP Distribuição remunerar a Alcatel deve incluir as despesas da disponibilização dos serviços e os encargos. Assim o valor considerado justo para o contrato ( $V_C$ ) deve ser dado anualmente por:

$$V_C = 1155 + 24.378,016 + 7313,405 = 32.846,42 \text{ €}$$

### 7.6. Conclusão

O presente capítulo apresentou uma proposta de revisão da manutenção dos equipamentos SDH. Para efetuar a proposta foi necessário, na fase inicial, solidificar conhecimentos sobre manutenção e recolher uma listagem das avarias registadas durante o maior intervalo de tempo possível.

O objetivo desta proposta consiste em garantir que a manutenção dos equipamentos SDH é realizada de forma eficiente e segura, de modo a reduzir os custos associados ao nível de risco relativo à sua falha, reduzindo esses riscos para valores considerados admissíveis pela EDP Distribuição.

Como a criticidade atribuída aos equipamentos SDH, pelas diferenças de impacto que as suas falhas acarretam, depende do sítio onde se localizam, foram construídas duas matrizes de risco e propostas de soluções mitigadoras do risco para cada um destes casos.

No preenchimento da Matriz de Risco foram avaliados, em termos de impacto, diversos indicadores que, em conjunto com a determinação da probabilidade de ocorrência, indicarão qual o nível de risco que a falha dos equipamentos SDH representa para a EDP Distribuição. Dado que os níveis de risco obtidos para os dois cenários possíveis se encontravam inicialmente na Zona Moderada (o risco é sentido com alguma intensidade), nível este que exige um plano de contingência, houve necessidade de propor medidas que fizessem com que o nível de risco passasse a ser admissível. Para isso foi proposto a efetiva realização da política de MPS preconizada no documento de Políticas de Manutenção para os equipamentos SDH com um intervalo de frequência adequado à criticidade do equipamento em questão, o que se prevê irá reduzir a frequência de risco.

Contudo, esta medida, apesar de diminuir o período de ocorrência de avarias, não reduz o impacto que elas causam. Com base nessa conclusão, foi caracterizado e proposto a celebração

de um contrato que mais tarde poderá servir de base para a realização de um contrato entre a EDP Distribuição e a Alcatel (fornecedor dos equipamentos SDH) e que se prevê que venha a reduzir o impacto do risco de falha de equipamentos SDH.

O contrato apresentado neste trabalho incorpora diversos serviços e a disponibilidade de dois especialistas técnicos, 24 horas, de modo a diminuir a duração da intervenção e consequentemente o seu impacto.



## 8. Conclusões e Propostas para Desenvolvidimentos Futuros

### 8.1. Conclusões

Na fase inicial do estágio realizado na empresa EDP Distribuição, e do qual resultou este relatório final, foi efetuado um estudo dos sistemas de automação, telecontrolo e telecomunicações detidos e utilizados por esta empresa – com especial ênfase para estes últimos – dado que contribuem para uma eficiente condução e exploração da rede elétrica.

Estes sistemas de telecomunicações privativos baseiam-se maioritariamente nas tecnologias legadas SDH, PDH, Rádio Microondas e Rádio VHF analógico apoiadas numa rede de cabos de fibras óticas que acompanha as infraestruturas da rede elétrica de alta e média tensão tendo, portanto, associada uma abrangência nacional, que apresenta uma elevada segurança, fiabilidade e resiliência.

Contudo, os sistemas de telecomunicações utilizados na EDP Distribuição são baseados em equipamentos que, apesar de bastante fiáveis, neste momento se consideram de uma forma geral obsoletos (tempo de vida superior a 10 anos), o que faz com que no futuro se pondere a substituição destes por equipamentos com maior versatilidade (equipamentos baseados em IP e Rádio *Trunking* Digital).

Tendo em conta a criticidade dos serviços que estes equipamentos de telecomunicações suportam (telecomando de subestações, comunicação entre equipamentos de proteções diferenciais e de teleproteções, entre outros), e a impossibilidade de migrar toda a rede de telecomunicações num curto espaço temporal, haverá a necessidade de manter aquelas redes legadas em funcionamento, por mais alguns anos, com os níveis de disponibilidade exigidos. Desta forma, no âmbito deste trabalho foi ainda realizado um estudo sobre a revisão das metodologias de manutenção dos equipamentos de telecomunicações considerados mais críticos na rede de telecomunicações da EDP Distribuição.

Deste modo, foi elaborada uma classificação dos níveis de risco típicos associados aos equipamentos SDH típicos, obtida com base no histórico de avarias destes equipamentos (probabilidade de ocorrência) e no tráfego neles transportado (impacto). Após a elaboração das matrizes de risco para as duas situações típicas, conclui-se que, tanto para a situação de

nós SDH junto ao *FrontEnd* SCADA, como de nós intermédios da rede, o indicador mais crítico em termos de impacto é a “Repercussão nos Media e População”. No primeiro caso, está-se perante um nível crítico de impacto, enquanto no segundo verifica-se que existe um nível alto de impacto naquele indicador. Cruzando este indicador com a probabilidade de ocorrência de falhas nestes equipamentos (idêntica para as duas situações), obtém-se níveis de risco considerados moderados o que, de acordo com a política de gestão de ativos baseada no risco em vigor na EDP, implica que pelo menos existam planos de contingência para as falhas daqueles equipamentos ou que sejam aplicadas medidas mitigadoras do risco que o tornem admissível.

Tendo em conta a dificuldade em elaborar planos de contingência para além dos que já existem neste momento (existência de peças de reserva, proximidade com as instalações, entre outros.) optou-se por propor as seguintes medidas mitigadoras do risco:

- ✓ Aplicação de MPS com a periodicidade de 1 ano aos equipamentos SDH junto aos *FrontEnds*, por forma a reduzir a probabilidade de falhas;
- ✓ Aplicação de MPS com a periodicidade de 2 anos aos equipamentos SDH intermédios da rede, por forma a reduzir a probabilidade de falhas;
- ✓ Celebração de um contrato tipo “Gold Card” com a Alcatel, de modo a que esta empresa disponibilize alguns dos seus serviços e dois técnicos especialistas quando a situação o justificar; por forma a reduzir os impactos das falhas.

Prevê-se que a implementação destas medidas no seio da EDP Distribuição vá permitir reduzir o nível de risco que os equipamentos SDH representam para a empresa através da redução da probabilidade de ocorrência de falhas e, no caso de acontecerem, através da redução do seu impacto na “Repercussão nos Media e População” associada à redução da END.

## 8.2. Propostas para desenvolvimentos futuros

Por forma a desenvolver e melhorar o âmbito do trabalho realizado sugere-se que futuramente sejam desenvolvidos os seguintes aspetos:

- ❖ Elaboração de propostas de revisão de manutenção para os restantes equipamentos de telecomunicações utilizados na EDP Distribuição;
- ❖ Criação de folhas de registo de avarias para os equipamentos de telecomunicações.



---

**8.2.1. Elaboração de propostas de revisão de manutenção para equipamentos de telecomunicações**

Esta proposta consiste em utilizar a lista de avarias recolhida neste trabalho para elaborar uma proposta de revisão de manutenção para os equipamentos de tecnologia PDH, Rádio Microondas, Rádio VHF, PLC e IP. Contudo, e para que as conclusões possam ser mais fidedignas, deve ser acrescida à lista de avarias recolhidas neste trabalho as avarias registadas desde a data final deste estudo até ao momento em que se decida elaborar essa proposta.

**8.2.2. Criação de folhas de registo de avarias**

Um dos constrangimentos encontrados na elaboração do presente estudo foi a ausência de uma base de dados completa do registo de avarias, quer em termos de número de avarias ocorridas, quer em termos de parâmetros associados a cada avaria.

Deste modo, propõe-se a criação de folhas de registo de avarias que deverão ser preenchidas, obrigatoriamente, pelos técnicos no fim de cada intervenção em avaria, permitindo obter um registo de avarias completo e mais fidedigno. Periodicamente, deve-se passar esse registo detalhado das avarias para a ferramenta corporativa SAP.

**8.3. Nota Final**

O desenvolvimento deste estágio curricular, no âmbito do Mestrado em Automação e Comunicações em Sistemas de Energia, proporcionou um contacto muito próximo e aprofundado com as atividades de engenharia de uma empresa de referência em Portugal, como a EDP Distribuição, representando uma mais-valia excecional para o futuro profissional da estagiária.



## Referências Bibliográficas

- [1] Direção de Automação e Telecontrolo- Departamento de Operação e Manutenção, “Sistemas de Fibras Óticas da EDP Distribuição - Introdução,” 2009.
- [2] EDP - Energias de Portugal, “Sistema Elétrico Nacional,” [Online]. Available: <http://www.edp.pt/pt/aedp/sectordeenergia/sistemaelectricoportugues/Pages/SistElectNacional.aspx>. [Acedido em 25 Janeiro 2013].
- [3] EDP - Energias de Portugal, “Produção de electricidade,” [Online]. Available: <http://www.edp.pt/pt/aedp/unidadesdenegocio/producaodeelectricidade/Pages/ProdRegConvPT.aspx>. [Acedido em 23 Julho 2013].
- [4] “Intranet EDP,” [Online]. Available: [www.souedp.pt/irj/portal/edponto/EDPProdução](http://www.souedp.pt/irj/portal/edponto/EDPProdução). [Acedido em 25 Janeiro 2013].
- [5] ERSE- Entidade Reguladora dos Serviços Energéticos, “Produtores em Regime Ordinário,” [Online]. Available: <http://www.erse.pt/pt/electricidade/agentesdosector/produtores/Paginas/default.aspx>. [Acedido em 25 Janeiro 2013].
- [6] INESCPorto, “O Sistema Elétrico Nacional - Regulação e Tarifas; Perspectivas de Evolução e Desafios,” [Online]. Available: <http://www2.inescporto.pt/use/noticias-eventos/nos-na-imprensa/o-sistema-eletrico-nacional-2013-regulacao-e-tarifas-perspetivas-de-evolucao-e-desafios>. [Acedido em 26 Janeiro 2013].
- [7] ERSE - Entidade Reguladora dos Serviços Energéticos, “Rede Nacional de Transporte (RNT),” [Online]. Available: <http://www.erse.pt/pt/electricidade/actividadesdosector/transporte/Paginas/RedeNacionaldeTransporteRNT.aspx>. [Acedido em 26 Janeiro 2013].
- [8] REN - Rede Elétrica Nacional, S.A., “Caracterização da Rede Nacional de Transporte para efeitos de acesso à rede em 31 de Dezembro de 2011,” 2011.
- [9] ERSE- Entidade Reguladora dos Serviços Energéticos, “Distribuição,” [Online]. Available: <http://www.erse.pt/pt/electricidade/actividadesdosector/distribuicao/Paginas/default.aspx>. [Acedido em 26 Janeiro 2013].
- [10] EDP Distribuição, “Relatório de Qualidade de Serviço 2012,” 2013.
- [11] EDP - Energias de Portugal, “História da Marca,” [Online]. Available: <http://www.edp.pt/pt/aedp/sobreaedp/marcaEDP/Pages/HistoriaMarca.aspx>. [Acedido

em 27 Janeiro 2013].

- [12] EDP - Energias de Portugal, “edp ON,” [Online]. Available: [http://www.edp.pt/pt/media/video/Pages/edpON.aspx?w=&fp=/pt/media/video/Videos/edp\\_no\\_mundo.flv&n=EDPnoMundo](http://www.edp.pt/pt/media/video/Pages/edpON.aspx?w=&fp=/pt/media/video/Videos/edp_no_mundo.flv&n=EDPnoMundo). [Acedido em 25 Janeiro 2013].
- [13] J. Torres, “Towards a smarter grid,” Évora, Portugal, 2012.
- [14] EDP Distribuição, “A empresa,” [Online]. Available: [http://www.edpdistribuicao.pt/pt/edpDistribuicao/Misso%20EDP%20D/Miss%C3%A3o%20EDP%20Distribui%C3%A7%C3%A3o\\_online.pdf](http://www.edpdistribuicao.pt/pt/edpDistribuicao/Misso%20EDP%20D/Miss%C3%A3o%20EDP%20Distribui%C3%A7%C3%A3o_online.pdf). [Acedido em 25 Janeiro 2013].
- [15] EDP Distribuição, “Modelo Organizativo da EDP Distribuição”.
- [16] JDSU, em *Reference Guide to Fiber Optic Testing - Volume 1*, France.
- [17] R. Francisco, “Sistemas de Fibras Óticas da EDP Distribuição - Princípios das Fibras Óticas,” 2009.
- [18] A. Melo, “Capítulo 4 - transmissão em Fibra Óptica (apontamentos das aulas teóricas de CIE)”.
- [19] A. Costa, “Características de Transmissão: Atenuação e Dispersão,” [Online]. Available: [www.fe.up.pt/~hsalgado/co/como\\_03\\_atenuacaoedispersao.pdf](http://www.fe.up.pt/~hsalgado/co/como_03_atenuacaoedispersao.pdf). [Acedido em 30 Janeiro 2013].
- [20] G. Keiser, “Optical Fiber Communications,” Second Edition, Consulting Editor, 1991, p. 106.
- [21] R. Francisco, “Sistemas de Fibras Óticas da EDP Distribuição - Boas Práticas de instalação de cabos e acessórios óticos,” 2009.
- [22] EDP Distribuição, “Documentação Interna”.
- [23] QUINTAS & QUINTAS, em *Guia Técnico*, 2003, pp. 283-284.
- [24] R. Francisco, “Sistemas de Fibras Óticas da EDP Distribuição - Componentes de uma ligação Ótica,” 2009.
- [25] R. Francisco, “Sistemas de Fibras Óticas da EDP Distribuição - Materiais homologados pela EDP,” 2009.
- [26] Cabelte, “Cabos de Fibra Óptica ADSS,” [Online]. Available: [www.cabelte.pt/Compet%C3%A2ncias/Cabosde telecomunica%C3%A7%C3%B5es/CabosdeFibra%C3%93ptica/ADSS/tabid/181/Default.aspx](http://www.cabelte.pt/Compet%C3%A2ncias/Cabosde telecomunica%C3%A7%C3%B5es/CabosdeFibra%C3%93ptica/ADSS/tabid/181/Default.aspx). [Acedido em 28 01 2013].
- [27] “ADSS Cables on EHV, HV, MV Transmission Lines,” [Online]. Available: [www.sudarshantelecom.com/downloads/adss\\_cables\\_for\\_high\\_voltage\\_installations.pdf](http://www.sudarshantelecom.com/downloads/adss_cables_for_high_voltage_installations.pdf). [Acedido em 01 Abril 2013].
- [28] “Fichas de Procedimento de Segurança”.
- [29] “Cabo Ótico Auto-Sustentado (ADSS) utilizado em linha de transmissão de Extra Alta

- Tensão - Experiência de Furnas,” 19 Outubro 2003. [Online]. Available: <http://www.nsaconsultoria.com.br/site/wp-content/uploads/2012/01/CABO-%C3%83%E2%80%9CPTICO-AUTO-%C3%A2%E2%82%AC%E2%80%9C-SUSTENTADOADSS-UTILIZADO-EM-LINHA-DE-TRANSMISS%C3%83%C6%92O-DE-EXTRA-ALTA-TENS%C3%83%C6%92O-EXPERI%C3%83%C5%A0NCIA-DE-FURNAS.htm> . [Acedido em 01 Abril 2013].
- [30] R. Francisco, “Sistemas de Fibras Óticas da EDP Distribuição - OTDR e medidas de potência,” 2009.
- [31] R. Francisco, “Sistemas de Fibras Óticas da EDP Distribuição - Procedimentos de ensaios óticos e recepção de ligações óticas,” 2009.
- [32] R. Francisco, “Sistemas de Fibras Óticas da EDP Distribuição - Casos práticos com o OTDR e medidas de potência,” 2009.
- [33] J. Alves, “Meios de Comunicação - Documentação Interna”.
- [34] P.-G. Fontollet, Telecommunication Systems, 1986.
- [35] G. Silva e O. Barradas, Sistemas de Radiovisibilidade, Livros Técnicos e Científicos Editora S.A., 1978.
- [36] Wikipédia, “Plesiócrono,” [Online]. Available: <http://pt.wikipedia.org/wiki/Plesi%C3%B3crono>. [Acedido em 2013 01 23].
- [37] [Online]. Available: [http://www.inforede.net/Technical/Layer\\_3\\_and\\_4/Network\\_Optics/Hierarquia%20Digital%20S%EDncrona\\_SDH\\_.pdf](http://www.inforede.net/Technical/Layer_3_and_4/Network_Optics/Hierarquia%20Digital%20S%EDncrona_SDH_.pdf). [Acedido em 05 02 2013].
- [38] J. Pines e O. Barradas, Sistemas Multiplex, Livros Técnicos e Científicos Editora S.A., 1978.
- [39] J. J. O. Pires, “Redes de Telecomunicações,” 2006.
- [40] Alcatel, Escritor, *The fundamentals of SDH Multimedia Interactive Training on Cd-rom*. [Performance]. 2000.
- [41] Efacec, “Manual de manutenção MUX2000,” 2003.
- [42] Alcatel, “Manual de Manutenção 1511BA”.
- [43] EDP Distribuição, “Guia de Iniciação ao equipamento PDH 1511BA”.
- [44] Alcatel, “Manual de Manutenção 1650SMC”.
- [45] Alcatel, “Manual de Manutenção 1660SM”.
- [46] G. Miguel, “Relatório Intermédio do piloto Flexnet ONI,” 2012.
- [47] G. Miguel, S. Eurico, G. Carlos, E. Ivo e C. José, “Relatório Final do Piloto Flexnet ONI,” 2013.
- [48] J. Melo, “Estudo de uma rede TETRA e respectivo planeamento de implementação”.
- [49] D. Gray, “TETRA: The Advocate's Handbook”.

- [50] W. Castle, "TETRA Air Interface Training," 2004.
- [51] M. Cardoso, "Comunicações Rádio," 2013.
- [52] R. Dowling, "TETRA Update," Brasil, 2012.
- [53] R. Francisco, "Formação em Operação da Consola de Despacho MCC 7500," 2008.
- [54] M. Santos, R. Francisco, P. Alves e J. Nogueira, "Causes of High Impact Telecontrol Failures and Ways to mitigate them," 2012.
- [55] EDP Distribuição, "EDP Distribuição," [Online]. Available: [www.edpdistribuicao.pt/pt/rede/Pages/subestacao.aspx](http://www.edpdistribuicao.pt/pt/rede/Pages/subestacao.aspx). [Acedido em 16 03 2013].
- [56] A. Teixeira, "Avaliação da Utilização do IEC61850 Process Bus no Projecto Tipo de Subestações da EDP distribuição".
- [57] a. Morais, "Arquitectura de comunicação de Sistemas de Protecção, Comando e Controlo da EDP Distribuição," 2009.
- [58] H. Tavares, "Aplicação de metodologias RCM nos Planos de Manutenção de Sistemas de Protecção, Comando e Controlo," 2012.
- [59] L. Moreira, "Ciclo de vida dos Sistemas de Protecção Comando e Controlo: Estratégias de manutenção Vs Investimento," 2009.
- [60] D. Lima, "Relatório de Estágio DAT/ATOM/OMPRT," 2012.
- [61] "Dispositivos Automáticos para Isolamento de Defeitos e Reposição de Serviço," [Online]. Available: <http://paginas.fe.up.pt/~ee99017/IAT.pdf>. [Acedido em 10 05 05].
- [62] P. Sousa, "Distribuição Optimizada dos aparelhos de corte telecomandados numa rede de distribuição de Média Tensão," 2009.
- [63] EFACEC, "Interruptor Aéreo de SF6 Telecomandado - Manual de Instruções," Porto.
- [64] M. F. P. Gomes, "Canal Scada na Web".
- [65] E. Distribuição, "Instalações AT e MT Subestações de Distribuição," 2007.
- [66] P. Veloso, A. Lebre e M. Nuno, "Development of the EDP's Power Quality Monitoring Programme," Coimbra.
- [67] EDP Distribuição, "CEER - ECRB - EURELECTRIC joint Workshop on "Voltage Quality Monitoring", 2012.
- [68] EDP Distribuição, "Projecto InovGrid," [http://www.premioedpinovacao.edp.pt/folder/noticia/ficheiro/38\\_InovGrid%20Renov%C3%A1veis%20Magazine.pdf](http://www.premioedpinovacao.edp.pt/folder/noticia/ficheiro/38_InovGrid%20Renov%C3%A1veis%20Magazine.pdf).
- [69] EDP Distribuição, "Inovgrid smart energy grid," Évora, 2012.
- [70] R. Assis, Apoio à Decisão em Gestão da Manutenção - Fiabilidade e Manutenibilidade, Lidel - edições técnicas. lda, 2004.
- [71] "Chapter 5 Types of Maintenance Programs," [Online]. Available: [www1.eere.energy.gov/femp/pdfs/OM\\_5.pdf](http://www1.eere.energy.gov/femp/pdfs/OM_5.pdf). [Acedido em 25 Junho 2013].

- [72] “O Gestor - Caderno N.º 3 Gestão da Manutenção,” 1994.
- [73] EDP , “Acordo Colectivo de Trabalho,” Gabinete de Recursos Humanos, Lisboa, 2000.
- [74] EDP Distribuição, “Política de Manutenção do ATOM,” 2012.
- [75] EDP Distribuição, “Evolução QS da rede de distribuição MP em Portugal continental e próximos desafios,” 2012.